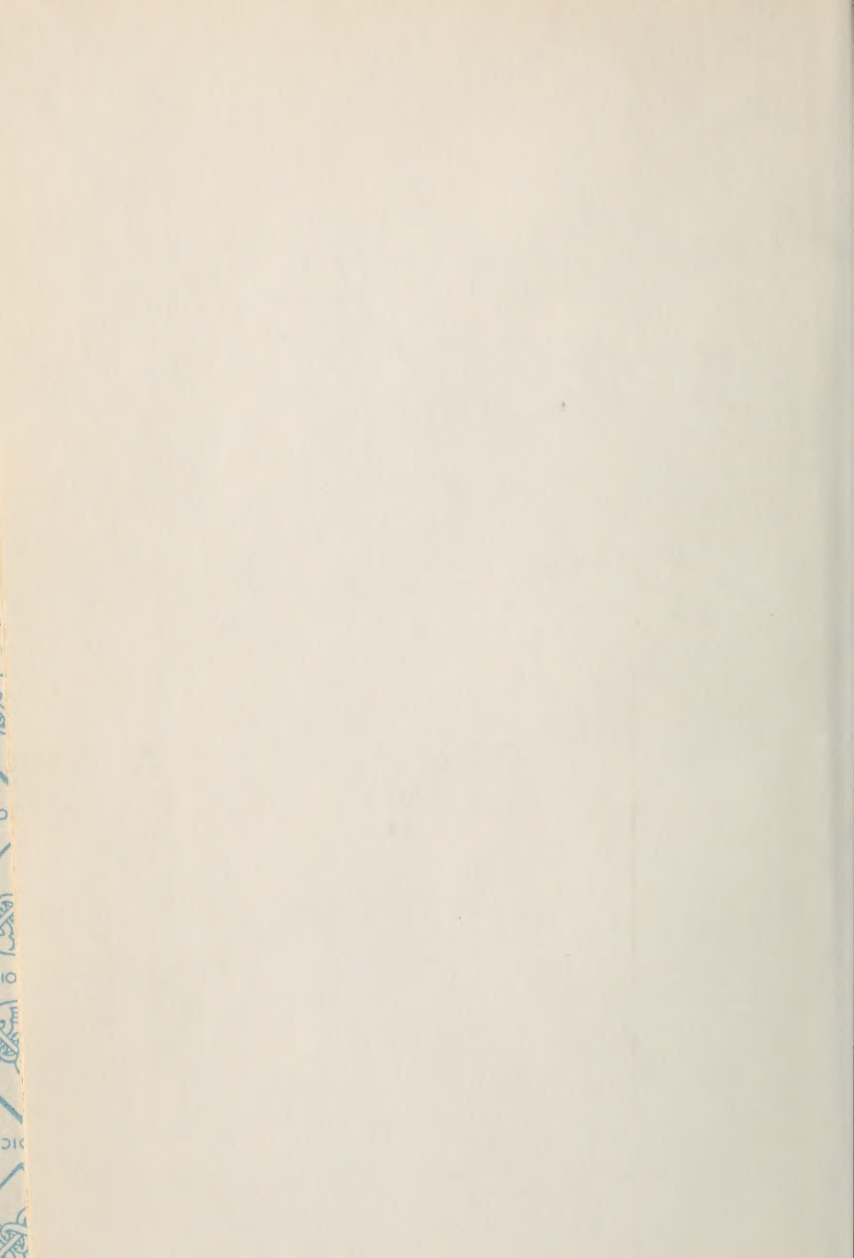










GERMAN SCIENCE READER

Chemistry, Physics, Technology

COMPILED AND EDITED WITH NOTES AND VOCABULARY

BY

ARTHUR S. WRIGHT

Professor of Modern Languages, Case School of Applied Science





NEW YORK

HENRY HOLT AND COMPANY

[1914]

THE UNIVERSITY PRESS, CAMBRIDGE, U.S.A.

PREFACE

In almost every branch of pure and applied science, Germany occupies a leading position. Its scientific literature is so abundant and so valuable that nearly all of our schools of science, as well as many secondary schools, offer courses for its study.

This Reader has been prepared for use in such courses. It has at least three good features; its subject matter — except Part III — is familiar to all students of science; the articles are graded as to difficulty; they all have intrinsic worth.

Chemistry and physics are the best subjects for a reader of this character. They are high-school subjects, required for admission to colleges and engineering schools. For all research work they are fundamental; all applied science, all branches of engineering are based upon them.

Part I treats, accordingly, elementary chemistry; Part II covers the subjects of heat and electricity. The reading of these should furnish a good working vocabulary and prepare the student for the more thorough study of any particular branch of science.

But the reading of foreign texts of chemistry and physics is not sufficient for engineering students who desire to make use of technical books and journals. Technical literature has a style of its own, distinctive and difficult. Every branch of engineering — mining, chemical, civil, electrical, mechanical — has its special vocabulary. The well trained engineer should be familiar with this if he is to use the journals of his department.

To serve as an introduction to this special technical

literature, Part III has been added. The first article, by the great chemist Justus von Liebig, is not technical and should be read by all for the sake of its style. It is an abridgment of the original by Professor Paszkowski, of Berlin University, who has incorporated it in his Reader as a fine example of scientific literature. The last four articles are technical and are intended for students of engineering.

It is the hope of the editor that the book may take its place with other readers of similar character and may help to solve the problem of varied reading for our students of science.

My especial thanks are due to my colleagues, Professor Albert W. Smith, for a revision of the chemical terms and formulæ, and to Professor Harold D. Allen, for careful reading of the proofs.

CASE SCHOOL OF APPLIED SCIENCE,
September, 1914.

NOTE

Main Sources of the Text. — DIE CHEMIE is an adaptation of popular lectures, delivered by Professor Gustav Abel at the Royal Museum in Stuttgart, published later in the series *Aus Natur- und Geisteswelt.*

DIE PHYSIK is, in the main, taken from the widely used school text-book: *Elementarphysik,* Hermes und Spies.

DAS EISEN and CHEMISCHE TECHNOLOGIE DES WASSERS constitute two chapters of *Chemische Technologie* by F. Heusler.

Minor Sources. — *Buch der Erfindungen, Gewerbe und Industrieen. Der Elektrotechniker,* F. Süchting, series *Buch der Berufe. Zur Erinnerung an die Eröffnung der Rheinuferbahn.*

CONTENTS

ERSTER TEIL

ZWEITER TEIL

DRITTER TEIL



ABBREVIATIONS

NOTE. — Used also without the period.

Abb., Abbildung, *illustration.*

A.-G., Aktien-Gesellschaft, *stock company.*

Amp., Ampere, *same.*

Atm., Atmosphäre, *atmosphere.*

Bd., Band, *volume.*

Ber., Bericht *or* Berichte, *report.*

bez. bezw. bzw., beziehungsweise, *respectively, or.*

bezügl., bezüglich, *in relation to, concerning.*

C., Celsius, *same.*

ca. (zirka), circa, *about, approximately.*

ccm., Cubic′centime′ter, Kubik′zentime′ter, *cubic centimeter.*

cf., confer, *compare.*

cm., Centime′ter, Zentime′ter, *same.*

d. h., das heißt, *that is.*

d. i., das ist, *that is.*

dergl. dgl., dergleichen, *of the same kind, the like.*

D. R. P., deutsches Reichspatent, *German imperial patent.*

eff., effizient′, *efficient.*

etw., etwas, *something.*

Fig., Figur′, *figure.*

g. gr., Gramm, *gram.*

Ges., Gesellschaft, *society, corporation, company.*

G. m. b. H., Gesellschaft mit beschränkter Haftung, *limited (Ltd.) corporation (company).*

Gew. Gewt., Gewicht, *weight.*

H. P., *horse-power.*

i. J., im Jahre, *in the year.*

Jahrg., Jahrgang, *annual volume of a periodical.*

kg., Kilogramm, *same.*

km., Kilometer, *same.*

K. V. A., Kilo-Volt-Ampere, *same.*

K. W., **Kw.**, Kilowatt, *same.*

M., **Mk.**, Mark, *same.*

m., Meter, *same.*

mm., Millime′ter, *same.*

P. C., *participial construction.*

Pf., Pfund, *pound.*

Proz., Prozent′, *per cent.*

P. S., Pferdestärke, *horse-power.*

qm., Quadrat′me′ter, *square meter.*

qmm., Quadrat′millime′ter, *square millimeter.*

resp., respektiv, *respectively, or.*

S., Seite, *page.*
s., siehe, *see.*
s. a., siehe auch, *see also.*
s. G., spezifisches Gewicht, *specific gravity.*
sog. sogen., sogenannt, *so-called.*
s. u., siehe unten, *see below.*
s. W., spezifische Wärme, *specific heat.*

t., Tonne, *ton.*

u., und, *and.*
u. a., und andere, *and others;* unter anderen, *among others.*
usw., und so weiter, *and so forth.*

Verf., Verfasser, *author, writer.*
vergl. vgl., vergleiche, *compare.*
Vol.-Gew., Volum′-Gewicht, *volume weight.*
v. H., von Hundert, *per hundred, per cent.*

W.-E., Wärme-Einheit, *calorie.*

z. B., zum Beispiel, *for example.*
z. T., zum Teil, *partially.*

ERSTER TEIL — DIE CHEMIE

SAUERSTOFF

Der Sauerstoff kommt in der Natur überall verbreitet in großer Menge vor; mit Stickstoff gemengt bildet er die Luft, mit Wasserstoff verbunden, das Wasser. Außerdem enthalten die meisten festen Bestandteile unseres Erdkörpers, wie Kalk- und Sandsteine, Sauerstoff gebunden, ebenso jede Pflanze und jedes Tier. 5

Der Sauerstoff ist in freiem Zustand, d. h. nicht mit anderen Körpern verbunden, ein unsichtbares, geschmack- und geruchloses Gas. Er unterscheidet sich von der Luft physikalisch nur durch sein etwas höheres Eigengewicht. 10 Dagegen läßt sich der Sauerstoff durch sein chemisches Verhalten leicht erkennen, da alle brennbaren Körper in einem mit Sauerstoff angefüllten Raum rascher, mit glänzenderer Licht- und mit stärkerer Wärmeentwicklung verbrennen als in der Luft. So entflammt im Sauerstoff- 15 gas der glimmend gemachte Docht die Kerze, und Holzkohle brennt lebhaft ab. Der Sauerstoff läßt sich bei einem Druck von 50 Atmosphären und einer Temperatur von $-118°$ C zu einer Flüssigkeit verdichten und kommt in diesem Zustand in starken schmiedeeisernen Bomben, 20 die auf 350 Atmosphären geprüft sind, zum Versand. Er wird aus gewissen festen Verbindungen, die durch Erhitzen einen Teil oder die ganze Menge ihres gebundenen Sauerstoffs abgeben, dargestellt. Man verwendet hierzu gewöhnlich chlorsaures Kalium oder ein Gemenge von 25 9 Gewichtsteilen dieses Salzes mit einem Gewichtsteil Braunstein. 100 Gramm chlorsaures Kalium geben 39

Gramm oder 27,8 Liter Sauerstoff. Zur Bereitung des Sauerstoffs im großen dienen andere Verfahren; man benutzt hierzu Körper, die ihn aus der Luft aufnehmen und bei höherer Temperatur wieder abgeben. Den Akt der chemischen Vereinigung des Sauerstoffs mit anderen Körpern nennt man Oxydation oder Verbrennung. Ein Körper, der sich mit Sauerstoff verbunden hat, ist oxydiert, und eine Sauerstoffverbindung heißt Oxyd, beziehungsweise Säure. Die chemische Vereinigung der Körper mit Sauerstoff erfolgt meistens unter Licht- und Wärmeentwicklung. Aus den Elementen, die im Sauerstoff verbrennen, entstehen chemische Verbindungen; so z. B. aus Kohle wird Kohlensäure, eine gasförmige Verbindung; aus Eisen entsteht eine blaugraue Masse, das Eisenoxyduloxyd; Magnesium gibt Magnesiumoxyd oder Magnesia, eine weiße, pulverige Verbindung darstellend, und Phosphor geht in einen lockeren, weißen, schneeähnlichen Körper, die Phosphorsäure, über. Diese Vorgänge lassen sich durch die chemische Zeichensprache leicht erklären, wir wollen als Beispiel die Verbindung des Sauerstoffs mit Magnesium herausgreifen: $Mg + O = MgO$. Bei der Verbrennung des Magnesiums im Sauerstoff haben sich 24 Gewichtsteile des Metalls mit 16 Gewichtsteilen Sauerstoff zu 40 Gewichtsteilen Magnesiumoxyd oder Magnesia verbunden.

Solche Verbindungen bilden sich selbstverständlich auch beim Verbrennen der entsprechenden Elemente in der Luft. Die Verbrennungen gehen aber in dieser langsamer vor sich, als im reinen Sauerstoff, da die Luft $\frac{4}{5}$ Stickstoff enthält, der die Wirkung des Sauerstoffs abschwächt. Um einen Körper zu verbrennen (zu oxydieren oder mit Sauerstoff zu vereinigen), muß er bis zu einer bestimmten Temperatur erhitzt werden, worauf die Entzündung eintritt und die Verbrennung erfolgt. Diesen

Hitzgrad nennt man „Entzündungstemperatur“; sie ist niederer als die „Verbrennungstemperatur.“

Gute Wärmeleiter, zu denen die meisten Metalle gehören, brennen schlecht, schlechte Wärmeleiter wie z. B. das Holz brennen gut. Erhitzt man eine Eisenstange an einem Ende, so wird sie so heiß, daß man sie am anderen nicht anfassen kann. Die Hitze verteilt sich durch die ganze Masse, wodurch die Entzündungstemperatur nicht erreicht wird. Anders verhält sich die Sache bei schlechten Wärmeleitern. Wird ein Holzstab an dem einen Ende erhitzt, so entzündet er sich rasch und man kann ihn bis auf einen kleinen Rest, ohne sich zu verletzen, in der Hand abbrennen lassen, weil hier die Wärme auf einem Punkt konzentriert bleibt und aus diesem Grunde die Entzündungstemperatur leicht erreicht wird. In vielen Fällen verbinden sich die Körper langsam, ohne merkbare Licht- und Wärmeentwicklung. Eine solche allmählich vor sich gehende Vereinigung mit Sauerstoff wird „langsame Verbrennung“ genannt. So kann sich der Phosphor weit unter seiner Entzündungstemperatur langsam zu phosphoriger Säure oxydieren, das Eisen geht bei Gegenwart von feuchter Luft in Eisenoxydhydrat oder Eisenrost über. Hierher gehört auch das Verwesen der Tier- und Pflanzenkörpern, sowie die Verwandlung von verdünntem Weingeist in Essig. Wenn die bei der langsamen Verbrennung entstehende Wärme sich unter gewissen Bedingungen nach und nach ansammelt, so kann sie bis zur Entzündungstemperatur des betreffenden Körpers steigen. Selbstentzündung hat man besonders bei Steinkohle und feucht eingebrachtem Heu beobachtet. Auch können manche mit Öl getränkte Stoffe, wie Wolle oder Putzwolle, die der Luft ausgesetzt sind, Anlaß zur Selbstentzündung geben. Läßt man z. B. Lumpen, mit denen ein Fußboden geölt wurde, in Haufen an der Luft lie-

gen, so tritt schon nach kurzer Zeit Selbstentzündung ein.

Der Atmungsprozeß der Menschen und Tiere ist auch eine langsame Verbrennung; die Lungen vermitteln die 5 Aufnahme der Luft und mit ihr die des Sauerstoffs, wodurch die Oxydation der Elemente, aus denen die Nahrungsmittel zusammengesetzt sind, im Blut, in den Muskeln und in den Geweben erfolgt. Dabei verbrennt der Kohlenstoff der Elemente zu Kohlensäure, der Wasser- 10 stoff zu Wasser. Diese werden teils durch die Lungen als Ausatmungsprodukt, teils durch Transpiration durch die Poren der Haut ausgeschieden. Die bei diesem chemischen Prozeß erzeugte Wärme erhält unsern Körper auf 37° C. Der Mensch benötigt täglich zur Atmung 800 15 Gramm oder 560 Liter Sauerstoff. Ohne Sauerstoff ist sein Leben nicht denkbar, man hat daher den Sauerstoff als Lebensluft bezeichnet.

WASSERSTOFF

Der Wasserstoff findet sich auf der Erde in freiem Zustand nicht oder nur spärlich vor; gebunden an andere 20 Elemente ist er einer der verbreitetsten Körper. Er bildet mit Sauerstoff das Wasser und ist ein Bestandteil der Tier- und Pflanzenkörper. Der Wasserstoff ist ein farb- und geruchloses Gas, ohne auffälligen Geschmack und nicht atembar; er kann bei $-180°$ C und einem Druck 25 von 650 Atmosphären zu einer Flüssigkeit verdichtet werden. Der Wasserstoff ist der leichteste aller Körper und hat das kleinste Atomgewicht; er ist $14\frac{1}{2}$ mal leichter als die Luft. Seifenblasen mit Wasserstoff gefüllt steigen in die Höhe. Der Wasserstoff ist brennbar, unterhält 30 aber das Brennen der Körper nicht. Eine Flamme erlischt in einem mit Wasserstoff angefüllten Glas, weil der Sauerstoff fehlt.

Zur Bereitung des Wasserstoffs dient das Wasser, eine Verbindung von Wasserstoff und Sauerstoff. Läßt man auf Wasser den elektrischen Strom einwirken, so wird es in seine Bestandteile zerlegt. Der Sauerstoff scheidet sich am positiven und der Wasserstoff am negativen Pol 5 ab. Das Wasser läßt sich auch mittels Eisen zersetzen. Zu diesem Zweck füllt man eine eiserne Röhre mit Eisenklein und leitet, nachdem sie in Rotglut versetzt wurde, Wasserdampf durch. Das freigewordene Wasserstoffgas entweicht durch ein Gasleitungsrohr und kann gesammelt 10 werden, während sich das Eisen mit dem freigewordenen Sauerstoff an der Oberfläche zu Eisenoxyduloxyd verbindet. Der Vorgang ist folgender: $3Fe + 4H_2O = Fe_3O_4 + 8H$. Gewöhnlich geschieht die Darstellung des Wasserstoffgases durch Zusammenbringen von Zink mit 15 verdünnter Schwefelsäure, bestehend aus einer Mischung von 1 Teil konzentrierter Schwefelsäure und 3 Teilen Wasser. Hier verbindet sich das Metall mit der Schwefelsäure zu schwefelsaurem Zink oder Zinksulfat, während der Wasserstoff des Wassers frei wird. Den Vorgang er- 20 klärt nachstehende Formel: $Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + 2H$.

Läßt man Wasserstoffgas von einer Entwicklungsflasche aus durch eine Röhre mit feiner Öffnung ausströmen, so läßt es sich entzünden, brennt mit gelblicher sehr heißer, wenig leuchtender Flamme und verbindet sich mit dem 25 Sauerstoff der Luft zu Wasserstoffoxyd oder Wasser. Dieses ist nicht sichtbar, da es bei der hohen Temperatur, die entsteht, dampfförmig wird. Hält man aber einen kalten Gegenstand über die Flamme, so beschlägt sich derselbe mit Wassertröpfchen. Auf dieser Tatsache beruht 30 auch das Feuchtwerden der Kochgeschirre bei beginnendem Erwärmen, da ja unsere Brennmaterialien ebenfalls Wasserstoff enthalten, der beim Verbrennen Wasserdampf bildet. Solange die Gefäße noch kalt sind, verdichtet

sich der Wasserdampf an ihren Außenwänden zu kleinen Tropfen, die bei eintretender höherer Temperatur wieder in unsichtbaren Wasserdampf übergehen.

Das Anzünden des Wasserstoffgases muß zur Vermei-
5 dung von Unglücksfällen stets unter Beobachtung gewisser Vorsichtsmaßregeln geschehen. Apparate, aus denen das Gas ausströmt, dürfen weder Luft noch Sauerstoff enthalten, da in diesem Fall das Gas beim Entzünden nicht an der Mündung des Rohres, sondern plötzlich im Appa-
10 rat mit starkem Knall verbrennen würde, weil es hier mit Luft gemischt ist, die die Verbrennung beschleunigt, während dort das Gas nur an der Mündung der Röhre verbrennen kann. Am stärksten ist eine solche Explosion, wenn 2 Raumteile Wasserstoff und 1 Raumteil
15 Sauerstoff verbrennen; dies ist das Verhältnis, in dem sich beide Elemente zu Wasser vereinigen. Ein Gemenge von Wasserstoff und Sauerstoff oder Luft nennt man Knallgas. Weil die Apparate, in denen Wasserstoffgas bereitet wird, stets Luft enthalten, muß mit dem Anzünden oder
20 Sammeln des Gases so lange gewartet werden, bis der sich entwickelnde Wasserstoff alle Luft aus dem Gefäß verdrängt hat.

Das Wasserstoffgas und das Leuchtgas lassen sich auch durch fein verteiltes, metallisches Platin (Platinschwamm)
25 entzünden. Auf diesem Verhalten beruhen die seit neuerer Zeit im Gebrauch befindlichen Gaslampen. Aus einer feinen Spitze strömt das Gas auf Platinschwamm, dieser wird glühend und entzündet es; die entstandene kleine Flamme vermittelt nunmehr die Entzündung des aus
30 dem eigentlichen Brenner strömenden Gases. Der Wasserstoff hat früher wegen seines geringen Eigengewichts zum Füllen von Luftballons Anwendung gefunden. Später trat das etwas schwerere Leuchtgas an seine Stelle. Seit neuerer Zeit hat man wieder zum Wasserstoff gegrif-

fen, weil er in komprimierter Form dazu besonders geeignet ist. Wie ein Kork vom Boden eines mit Wasser gefüllten Gefäßes nach oben strebt, so erhebt sich auch ein mit Wasserstoff gefüllter Ballon in das Luftmeer, solange sein Gewicht geringer ist, als dasjenige eines gleich- 5 großen Raumteils Luft. Der Wasserstoff dient sowohl zur Erzeugung hoher Temperaturen, als auch zur Beleuchtung.

SÄUREN, BASEN UND SALZE

Nachdem wir das Wasser oder das Wasserstoffoxyd kennen gelernt haben, möchte ich eine ganze Gruppe von 10 Sauerstoffverbindungen erwähnen, die man als Oxyde bezeichnet. Sie zerfallen in saure Oxyde oder Säuren, basische Oxyde oder Basen und in neutrale Oxyde. Die Säuren sind meist Verbindungen des Sauerstoffs mit Metalloiden, die Basen und die neutralen Oxyde ent- 15 stehen hauptsächlich durch Vereinigung des Sauerstoffs mit Metallen.

Mit dem Namen Säure bezeichnet man im allgemeinen Verbindungen, die sauer schmecken und gewisse blaue Pflanzenfarbstoffe, z. B. den des Lackmus, rot färben. 20 Manche Säuren zeigen dieses Verhalten nicht. Die Säuren bilden in Verbindung mit den Basen Salze. Die Basen schmecken laugenhaft und färben den durch Säuren geröteten Farbstoff des Lackmus wieder blau. Der gelbe weingeistige Auszug der Kurkumawurzel wird von ihnen 25 gebräunt, von Säuren dagegen nicht verändert. Das Verhalten der Säuren und Basen, gewisse Pflanzenfarben auf entgegengesetzte Weise zu verändern, benutzt man, um die Gegenwart freier Säuren und freier Basen in Flüssigkeiten nachzuweisen. Man bedient sich hierzu der 30 Reagenspapiere, die mit blauer oder roter Lackmus- oder mit Kurkumalösung getränkte und nachher getrocknete

Papierstreifen sind. Taucht man solches Papier in Flüssigkeiten, die freie Säuren oder freie Basen enthalten, so wird die Säure das blaue Lackmuspapier rot, die Base das rote Lackmuspapier blau färben. Im ersteren Fall sagt man, die Flüssigkeit reagiere sauer oder sie besitze eine saure Reaktion; im zweiten, sie reagiere basisch, auch alkalisch, oder zeige eine alkalische Reaktion.

Viele Stoffe verändern die erwähnten Pflanzenfarben nicht; sie reagieren weder „sauer" noch „basisch," sondern „neutral," wie das Wasserstoffoxyd (Wasser). Versetzt man Essig so lange mit Seifensiederlauge, bis er nicht mehr sauer, aber auch nicht alkalisch reagiert, so ergibt sich eine neutrale Flüssigkeit. Beim Abdampfen derselben scheidet sich ein neuer Körper, ein „Salz," aus, das durch Einwirkung der Säure auf die Base entstanden ist und essigsaures Natrium oder Natriumazetat heißt. Dieses Salz besitzt weder die Eigenschaften des Essigs, noch diejenigen der Seifensiederlauge; es schmeckt vielmehr kühlend salzig, seine wässerige Lösung reagiert neutral. Nicht alle Salze zeigen dieses Verhalten; man kennt auch saure und basische Salze. In vielen Fällen wird der Name einer Säure durch Beifügung des Namens des Elements, aus dem sie entstanden ist, gebildet: z. B. Schwefel-Säure, Phosphor-Säure, während die Base durch Beifügung des Wortes Oxyd zum Element näher bezeichnet wird, also Kalzium-Oxyd. Wie nun durch Vereinigung einer Säure mit einer Base ein Salz wird, so entsteht der Name eines Salzes durch Zusammenziehen des Namens der Säure und desjenigen des Elements der Base: z. B. essigsaures Natrium.

Hieraus sehen wir, daß man den sauren Geschmack einer Flüssigkeit nur durch Zusatz einer Base mildern oder beseitigen kann, nicht aber durch Zucker, wie man gewöhnlich annimmt, denn dieser verdeckt nur die Säure.

Ein saurer Weinmost kann vermöge seines Zuckergehalts ganz gut schmecken. Ist aber der Zucker durch die Gärung verschwunden, so kommt die Säure mit ihrer vollen Wirkung zur Geltung und man wird den vergorenen Most, den Wein, nicht mehr angenehm finden.

STICKSTOFF

Der Stickstoff kommt in beträchtlicher Menge in der Luft vor und ist dann vermischt mit Sauerstoff und anderen Gasarten. Er findet sich ferner an andere Elemente chemisch gebunden: in der Salpetersäure, in dem Ammoniak oder im Salmiakgeist und macht einen wesentlichen Bestandteil vieler Tier- und Pflanzenstoffe aus. Blut, Muskeln, Nerven, sodann viele Nahrungsmittel enthalten dieses Element.

Der Stickstoff ist ein unsichtbares, geruch- und geschmackloses Gas, das bei 33 Atmosphären und – 146° C flüssig und bei – 214° C fest wird. Er ist nicht brennbar; brennende Körper verlöschen im Stickstoff sofort. Menschen und Tiere ersticken darin; demnach können auch Pflanzen nicht im Stickstoff leben. Als nicht atembarer Bestandteil der Luft hat dieses Gas seinen Namen erhalten. Daraus aber, daß es ein wesentlicher Bestandteil der Atmosphäre ist und fortwährend eingeatmet wird, geht hervor, daß dieser Körper einen schädlichen Einfluß nicht ausübt. Er nimmt nur keinen direkten Teil an den chemischen Veränderungen, die durch die Einwirkung des Sauerstoffs beim Atmungsprozeß das Blut, und bei der gewöhnlichen Verbrennung, der brennende Körper erfährt. Der Stickstoff wirkt vielmehr verdünnend auf den Sauerstoff und schwächt somit dessen zu starke Einwirkung ab, die dieser beim Verbrennungs- und Atmungsprozeß ausüben würde.

Die Darstellung des Stickstoffs beruht darauf, daß man der Luft Sauerstoff entzieht. Dies geschieht durch Körper, die sich leicht mit diesem verbinden. Wird Phosphor unter einer Glasglocke, die auf einem mit Wasser gefüllten
5 Teller steht, verbrannt, so entsteht Phosphorsäure, eine weiße, schneeähnliche Masse, die sich in dem vorhandenen Wasser bald auflöst. Der Sauerstoff der Luft hat sich mit dem Phosphor verbunden ($P_2 + 5ON = P_2O_5 + 5N$), und wir haben nur noch Stickstoff in der Glasglocke. Da-
10 durch ist eine Volumverringerung oder Verdünnung der Luft entstanden, und das Wasser auf dem Teller wird durch den Druck der äußeren Luft in die Glocke gedrängt und fängt dort an zu steigen. Wird Kupfer in einer Röhre glühend gemacht und Luft durchgeleitet, so verbindet
15 sich der Sauerstoff der Luft mit dem Kupfer zu Kupferoxyd und der Stickstoff wird frei ($Cu + ON = CuO + N$). Der Stickstoff verbindet sich mit anderen Elementen zu wenig beständigen Verbindungen, die leicht wieder in ihre Bestandteile zerfallen. Stickstoffhaltige organische Ver-
20 bindungen (wie sie in Fleisch, Eiern, Getreide, Hülsenfrüchten vorkommen), die durch den Lebensprozeß der Pflanzen und Tiere entstanden sind, zeigen, wenn dieses Leben aufhört, große Neigung, sich in einfachere Körper zu zersetzen, mit anderen Worten zu „faulen“ oder zu
25 „verwesen.“ Dabei bilden sich verschiedene Gase, unter anderen auch eines, das aus Stickstoff und Wasserstoff besteht (NH_3), das Ammoniakgas. In Wasser aufgelöst führt es den Namen Salmiakgeist. Der bekannte Geruch nach Salmiakgeist fehlt daher beim Verwesen solcher
30 Stoffe nie. Besonders stark tritt er in den wärmeren Jahreszeiten in Dunglegen und Latrinen auf.

KOHLENSTOFF

Der Kohlenstoff ist in der Natur sehr verbreitet. Frei finden wir ihn in drei verschiedenen Gestalten, und zwar als Diamant, Graphit und amorphen Kohlenstoff.

Als Kohlensäure an Sauerstoff gebunden ist er, wie wir wissen, in der Luft, in den Quell- und Mineralwassern, 5 sowie in den kohlensauren Salzen enthalten, von denen der kohlensaure Kalk (Marmor, Kreide, Kalkstein) ganze Gebirgsmassen bildet. In Verbindung mit Wasserstoff kommt er in den großen Petroleum-, Ozokerit- und Asphaltlagern vor, welche die Zersetzungsprodukte vorwelt- 10 licher Tierleiber bzw. Pflanzen repräsentieren. Außerdem ist der Kohlenstoff das Grundelement aller organischen Verbindungen und somit auch ein wesentlicher Bestandteil des Pflanzen- und Tierkörpers.

In der Natur findet sich der Diamant als reiner, 15 kristallisierter Kohlenstoff ziemlich selten in aufgeschwemmtem Lande, in lockerem Sande der Flüsse und Ebenen in geringer Tiefe der Erdoberfläche. Seine ursprünglichen Lagerstätten sind noch nicht bekannt. Er kommt hauptsächlich in Brasilien, Ostindien, im süd- 20 lichen Afrika, am Ural und auf der Insel Borneo vor. Man findet ihn meist farblos; es gibt aber auch grüne, blaue, gelbe, rosenrote, braune und selbst schwarze Diamanten. Der Diamant ist der härteste Körper, er ritzt daher alle anderen. Der rohe Diamant zeigt gewöhnlich 25 eine rauhe Oberfläche, ist nur wenig durchsichtig und unterscheidet sich äußerlich nur wenig von dem ihn begleitenden Alluvium (jüngste geologische Formation). Den bekannten Glanz bekommt der Diamant durch Schleifen mit seinem eigenen Pulver, das man durch Pulvern der 30 schwarzen Diamanten in Stahlmörsern bereitet. Nach dem Schleifen wird er vollkommen durchsichtig, zeigt

dann das bekannte prächtige Farbenspiel und ist in diesem Zustand ein kostbarer und geschätzter Edelstein. Die beliebteste Gestalt, die man dem Diamant durch Schleifen gibt, ist die Brillantform.

5 Sein Wert ist abhängig von der Größe und Schönheit, sodann von der Art des Schliffs. Der Diamant wird nach Karaten verkauft (ein Karat = 0,205 g). Beim längeren Erhitzen an der Luft oder glühend mit Sauerstoff in Berührung gebracht, verbrennt der Diamant zu Kohlen-
10 säure. Er findet hauptsächlich Anwendung zur Herstellung von Schmucksachen. Wegen seiner Härte wird der Diamant zu Zapfenlagern für Uhren benutzt. Er dient vornehmlich zum Schneiden des Glases.

Der Graphit oder das Reißblei ist reiner, teils amor-
15 pher, teils kristallisierter Kohlenstoff. Seine Fundorte sind: England, Böhmen, Nordamerika, Sibirien, Kalifornien, Ceylon; auch in Bayern, besonders bei Passau, wird viel Graphit gewonnen.

Der Graphit bildet weiche, grauschwarze, abfärbende,
20 metallglänzende, mit dem Messer schneidbare Massen, die aus kleinen, sehr dünnen Blättchen bestehen. Er gibt auf Papier einen bleigrauen Strich, daher der Name „Reißblei.“ Auch er verbrennt im Sauerstoff zu Kohlensäure. Der Graphit findet Anwendung zur Fabrikation
25 von Bleistiften. Infolge seiner Widerstandsfähigkeit gegen hohe Hitzgrade dient er zur Herstellung von Schmelztiegeln, die aus einem Gemenge von Graphit und Ton bestehen. Ferner benutzt man ihn zum Schwärzen der eisernen Öfen, um diesen ein besseres Aussehen zu
30 geben und sie vor Rost zu schützen (Ofenschwärze). Mit Leinöl angerieben dient er ebenfalls als Rostschutzmittel; außerdem als Farbe, da er gegen Luft und Licht widerstandsfähig ist und mit allen anderen Farben und Bindemitteln gemischt werden kann.

Weiter wird der Graphit zur Verminderung der Reibung an Maschinenteilen benutzt, auch findet er ausgedehnte Anwendung in der Galvanoplastik, um die Formen für den galvanischen Strom leitend zu machen.

Der amorphe Kohlenstoff oder die organische (5) Kohle wird meist aus organischen Stoffen des Tier- oder Pflanzenreichs gewonnen. Diese enthalten alle Kohlenstoff; neben diesem auch Wasserstoff, Sauerstoff, Stickstoff oder mehrere von diesen Elementen. Erhitzen wir solche Tier- oder Pflanzenstoffe hinreichend bei Abschluß (10) der Luft oder bei gehindertem Luftzutritt, so ergibt sich eine tief eingreifende Änderung. Es bilden sich gasförmige Zersetzungsprodukte, bestehend aus Verbindungen von Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff, sowie freier Wasserstoff, die entweichen und zugleich ver- (15) brennen. Der größte Teil des mit jenen Elementen verbunden gewesenen Kohlenstoffs bleibt aber als Kohle zurück. Läßt man dagegen die Luft ungehindert hinzutreten, so verbrennt auch der Kohlenstoff unter Bildung von Kohlensäure. Hat die Zersetzung organischer Körper (20) durch Erhitzen unter Luftabschluß nur den Zweck, die zurückbleibende Kohle zu gewinnen, und läßt man die flüchtigen Produkte verbrennen, so nennen wir diesen Vorgang „Verkohlung.“ Hat man zugleich die Gewinnung der flüchtigen Produkte im Auge und werden diese (25) in Apparaten gesammelt, so heißt der Prozeß „trockene Destillation.“

Die aus verschiedenen Materialien bereiteten organischen Kohlen zeigen verschiedenes Aussehen und besitzen auch verschiedene Eigenschaften. Es gibt folgende Arten (30) von auf künstlichem Weg dargestellten Kohlen: Holzkohle, Gaskohle, Glanzkohle, Rußkohle, Stickstoffkohle, Tierkohle, Torfkohle u. a. Durch einen natürlichen Verkohlungsprozeß sind unter teilweise sehr starkem Druck

Torf, Braunkohle, Steinkohle und Anthrazit entstanden. Diese finden sich in der Natur mehr oder weniger rein in ausgedehnten Lagern als Produkt der langsamen Zersetzung oder der natürlichen Verkohlung von Pflanzenteilen, namentlich der Holzfaser oder Zellulose. Dabei wurden die riesigen Pflanzen einer früheren Periode, in der das Wachstum der Pflanzenwelt durch verschiedene Einflüsse in hohem Grade begünstigt war, durch Wasserströmungen überflutet und meist an Ort und Stelle im Schlamm, oder weggeschwemmt an anderen Orten unter der aus dem Wasser abgelagerten, erdigen Decke begraben. Unter dem schwer lastenden Druck der letzteren, unter dem Einfluß von Feuchtigkeit und der Wärme heißer Gebirgsmassen haben diese untergegangenen Wälder einen dem Verkohlungsprozeß in seiner Wirkung ähnlichen, aber zu seiner Vollendung Jahrtausende erfordernden Umwandlungsprozeß erlitten. Auf diese Weise sind unsere obenerwähnten natürlichen amorphen Kohlen entstanden.

Der Torf ist die jüngste amorphe Kohle, welche das Zersetzungsprodukt vorweltlicher Pflanzenteile repräsentiert. Er findet sich fast überall, entsteht jetzt noch durch langsame Zersetzung aus verschiedenen Pflanzen, besonders aus Moosen, und läßt in seiner Struktur bisweilen noch deutlich die Pflanzenformen erkennen. Der Torf ist locker und ungleichartig in der Masse, gelblich bis schwarz, auf der Schnittfläche wachsglänzend. Er verbrennt mit rußender Flamme und oft unter Entwicklung eines widerlichen Geruches. Bei der Verkohlung entwickelt er brennbare Gase und hinterläßt eine aschenreiche Kohle. Nach seiner Entstehung, sowie nach seiner Struktur unterscheidet man verschiedene Arten. In getrocknetem Zustand benutzt man den Torf als Brennmaterial, als Streumaterial und wegen seiner Porosität in

Form von Torfmull vielfach als Absorptionsmittel für Fäkalstoffe. Der mit diesen imprägnierte Torfmull dient als Düngemittel.

Die *Braunkohle* ist nur die in der tertiären Formation vorkommende fossile Kohle, die kohlenstoffreicher als Torf, aber kohlenstoffärmer als Steinkohle ist. Die bedeutendsten Braunkohlenlager sind im norddeutschen Tiefland, in Böhmen, Sachsen, Thüringen, Hessen, in Rheinpreußen, Bayern und in Steiermark.

Die Braunkohle ist eine dunkelbraune, bisweilen schwarze glänzende Masse. Man unterscheidet das fossile Holz (Lignit), von heller bis dunkelbrauner Farbe, bei dem die Struktur des Holzes, aus welchem es entstand, noch deutlich zu erkennen ist; außerdem die gewöhnliche Braunkohle, von dunkelbrauner Farbe und erdigem Bruch, sowie die Pechkohle, von pechglänzender Farbe und muscheligem Bruch. Die Braunkohle ist meist leicht entzündlich und verbrennt mit schwacher, rußender Flamme unter Verbreitung eines unangenehmen Geruches. Wird die Braunkohle der Verkohlung unterworfen, so erhält man brennbare Gase und Kohle. Die gewöhnliche Braunkohle wird als Brennmaterial benutzt, während andere Sorten zur Gewinnung von Teer, Heizgas und Paraffin, sowie Photogen und anderen Mineralölen Anwendung finden.

Die *Steinkohle* hält der Entstehung nach die Mitte zwischen Braunkohle (jüngere Formation) und Anthrazit (älteren Ursprungs); sie ist auf der ganzen Erde verbreitet. Die meisten Steinkohlen finden sich in England, Deutschland (Schlesien), Belgien, Österreich, Rußland, Frankreich, Spanien, Nordamerika und besonders reichlich in China. Die Steinkohlen sind schwer, bald glänzend, bald matt. Nach ihrem äußeren Ansehen unterscheidet man: die Pechkohle, die Schieferkohle, die Blätterkohle und die

Grobkohle. Je nach ihrem Verhalten in der Hitze werden sie eingeteilt: in Sandkohlen, in Sinterkohlen, in Backkohlen. Magere Kohlen nennt man solche, die beim Erhitzen nicht schmelzen und wenig Gase abgeben, während Kohlen mit den entgegengesetzten Eigenschaften als fette Kohlen bezeichnet werden. Durch Erhitzen der Steinkohlen bei Luftabschluß (in eisernen Retorten) entwickelt sich Leuchtgas, Steinkohlenteer (Rohmaterial für die Anilinfarbenfabrikation) und Ammoniakverbindungen (aus denen der Salmiakgeist bereitet wird). Der Rückstand in den Retorten besteht aus dem als Brennmaterial allgemein Anwendung findenden Gaskoks.

Der *Anthrazit* ist die älteste und folglich in der Zersetzung am weitesten vorgeschrittene Steinkohle, auch die kohlenstoffreichste. Er findet sich in besonders großen Mengen in Nordamerika, besitzt eine eisenschwarze Farbe und starken Glanz; sein Bruch ist muschelig. Die Anthrazite verbrennen mit rauchloser Flamme und lassen sich wegen ihrer größeren Dichtigkeit nur schwer entzünden. Sie finden vermöge ihres hohen Kohlenstoffgehalts — bis zu 95% — vielfach Anwendung als Heizmaterial der Hochöfen und seit neuerer Zeit auch zur Heizung der sogenannten amerikanischen Zimmeröfen.

Die Kohlen, die bei der trockenen Destillation der Steinkohlen zurückbleiben, heißen, wie schon angedeutet, *Koks*. Die Verkohlung der Steinkohlen bezweckt, ihren Kohlenstoffgehalt zu vergrößern und die beim Verbrennen sich entwickelnden unangenehm riechenden Bestandteile zu beseitigen. Außerdem verlieren sie dabei die Eigenschaft in der Hitze teigig zu werden; zugleich wird auch der größte Teil des Schwefels aus dem in den Steinkohlen vorkommenden Schwefelkies entfernt.

Koks bildet eine blasige, metallisch grau glänzende Kohle. Sie leitet die Wärme sehr gut, läßt sich daher

schwierig entzünden und brennt angezündet ohne starken Luftzug nicht fort, ist aber zur Erzeugung einer sehr hohen Temperatur besonders geeignet. Nach dem Verbrennen bleibt eine schlackenartige Asche zurück. Koks enthält 93–98% Kohlenstoff, etwa 0,3% Wasserstoff, 1,7–6,2% Sauerstoff und wenig Mineralbestandteile. Das Verkohlen der Steinkohlen wird in Meilern, Haufen oder in Öfen ausgeführt; in eisernen Destillationsgefäßen nur dann, wenn die Gewinnung von Leuchtgas den Hauptzweck bildet. In diesem Fall erhält man Koks als rückständiges Nebenprodukt. In Steinkohlenwerken hergestellten Koks nennt man „Gruben- oder Meilerkoks," bei der Leuchtgasbereitung erhaltenen „Destillationskoks." Koks ist als Brennmaterial sehr beliebt, weil er eine außerordentlich hohe Temperatur erzeugt und „ohne Rauch" verbrennt.

Kohlensäure CO_2 ist in der Natur sehr verbreitet; sie entströmt als Verbrennungsprodukt besonders in der Nähe und aus Vulkanen in großer Menge aus Ritzen und Spalten dem Boden. Sie findet sich auch im Wasser gelöst, dessen erfrischender Geschmack auf ihre Gegenwart zurückzuführen ist. Die Kohlensäure findet man auch in Kellern und Brunnen; die Keller von Neapel enthalten oft so viel von diesem Gas, daß ein Besuch derselben lebensgefährlich ist. Auch bei der Gärung entsteht Kohlensäure; sie ist somit in gegorenen Getränken enthalten und verleiht diesen einen angenehmen, erfrischenden Geschmack. Das Perlen des Biers, des Champagners und ähnlicher Getränke rührt von deren Gehalt an Kohlensäure her. Außerdem bildet sich die Kohlensäure beim Verbrennen unserer Leucht- und Heizmaterialien und bei der Verwesung von Tier- und Pflanzenstoffen. Wie schon erwähnt, ist sie auch ein wesentlicher Bestandteil der Ausatmungsluft der Menschen und Tiere. Aus

alledem geht hervor, daß Kohlensäure überall enthalten ist. Die Kohlensäure kommt aber auch an Basen gebunden in Form von kohlensauren Salzen vor. So bildet der kohlensaure Kalk oder Kalkstein einen Hauptbestandteil
5 unseres Jura und der nördlichen und südlichen Voralpen. Zu den kohlensauren Salzen gehören auch die Kreide, der Marmor, Kalkspat, Eierschalen, echte Perlen usw. Obgleich diese Körper verschiedenes Aussehen zeigen, sind sie chemisch dasselbe: „kohlensaurer Kalk."

10 Die Kohlensäure ist ein farbloses, beinahe geruchloses, schwach säuerlich und zugleich prickelnd schmeckendes Gas, das bedeutend schwerer ist, als die Luft; es läßt sich daher von einem Gefäß in ein anderes gießen. Lackmustinktur wird von dem Gas vorübergehend schwach ge-
15 rötet. Die Kohlensäure ist nicht brennbar; weder die Verbrennung der Körper, noch der Atmungsprozeß kann von ihr unterhalten werden. Eine Flamme erlischt in einem mit Kohlensäure angefüllten Raum; Menschen und Tiere ersticken darin.

20 An Orten, wo Kohlensäure in bedeutenden Mengen der Erde entströmt, hat man beobachtet, daß sie durch ihr hohes Eigengewicht sich an den tiefer gelegenen Stellen in Höhlen und Kellern ansammelt, so daß Menschen solche Orte bisweilen betreten können, ohne Schaden zu
25 nehmen, während kleine Tiere, wie Hunde u. a., darin ersticken müssen, da deren Kopf dem Boden näher steht und von der Kohlensäureschicht erreicht wird. Auch in Brunnen und Kellern, in denen Gärungen stattfinden, sind Kohlensäureansammlungen vorhanden, so daß der
30 Besuch dort höchst gefährlich werden kann, sobald jene über Manneshöhe mit Kohlensäure angefüllt sind. Vermutet man in einem Keller Vorhandensein von Kohlensäure, so empfiehlt es sich, vor dem Betreten desselben eine brennende Kerze hinabzulassen oder brennendes

Stroh in den Raum zu werfen; erlischt die Flamme, so droht Gefahr. Nun muß man darauf bedacht sein, die Kohlensäure zu entfernen. Dies geschieht am besten durch Schießen (nach Öffnen sämtlicher Kellerfenster) oder Abbrennen von Schießpulver. Der dabei entstehende 5 Luftzug vertreibt die Kohlensäure. Auch durch Aufstellen von abgelöschtem Kalk läßt sich die Kohlensäure unschädlich machen, da dieser das Gas gleichsam „aufsaugt“ („kohlensaurer Kalk“).

In geringen Mengen eingeatmete oder durch die At- 10 mungswerkzeuge (in Getränken) dem Organismus zugeführte Kohlensäure bewirkt eine Art Trunkenheit, Schwindel, Kopfschmerzen und sogar Ohnmachten. Daß Kohlensäure im Wasser löslich ist (in kaltem mehr, als in warmem, bei stärkerem Druck mehr, als bei schwä- 15 cherem), gilt als bekannt. Die Erscheinung des Perlens der kohlensäurehaltigen Wasser rührt von entweichender Kohlensäure her, die bei vermindertem Druck und höherer Temperatur nicht mehr im Wasser gelöst bleiben kann. Ähnliches Verhalten zeigt der Champagner (kohlensäure- 20 haltiger Wein!), und wir wissen nun den Grund, warum eine Flasche mit ungenügend gekühltem Champagner nicht geöffnet werden kann, ohne daß dabei manchmal beträchtliche Mengen von dem edlen Naß verloren gehen, denn dieses wird hier durch die stürmische Kohlensäure- 25 entweichung mit fortgerissen. Beim Stehen an der Luft verlieren kohlensäurehaltige Flüssigkeiten das Gas beinahe vollständig, beim Kochen ganz. Darauf beruht das „Schalwerden“ von Wein, Bier u. a. nach längerem Stehen.

Durch starken Druck verdichtet sich das Kohlensäure- 30 gas zu einer Flüssigkeit; läßt man diese verdunsten, so erstarrt sie durch die erzeugte Verdunstungskälte, die – 78° C beträgt, zu einer weißen, schneeähnlichen Masse. Wird die Masse fest angefaßt, so entsteht ein Schmerz,

als ob man glühendes Eisen berührt hätte. Da zugleich Brandblasen erzeugt werden, heißt diese Erscheinung „kalter Brand.“ Die Kohlensäure läßt sich auf einfache Weise darstellen. Wird in einem geeigneten Apparat Kalkstein, Marmor oder Kreide in zerkleinertem Zustand mit verdünnter Salzsäure in Berührung gebracht, so wird der kohlensaure Kalk unter Entwicklung von Kohlensäure zersetzt. Der Vorgang ist folgender:

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + CO_2 + H_2O$$

$CaCO_3$	$2HCl$	$CaCl_2$	CO_2	H_2O
Kohlensaurer Kalk	Salzsäure	Chlorkalzium	Kohlensäure oder Kohlendioxyd	Wasser.

Das Vorhandensein von Kohlensäure läßt sich daran erkennen, daß sie Lackmus vorübergehend rötet; auch wird Kalkwasser getrübt. Alle kohlensauren Salze werden von Säuren unter Entwicklung von Kohlensäure zersetzt. Leitet man das Gas in Kalkwasser, so bildet sich ein Niederschlag von kohlensaurem Kalk, der sich in verdünnter Salz- oder Salpetersäure unter Aufbrausen wieder löst.

Die gasförmige Kohlensäure dient den verschiedensten Zwecken. Unter anderen zur Bereitung künstlicher Mineralwasser und moussierender Getränke; dazu benutzte man früher das aus Marmor bereitete Gas, jetzt die flüssige Kohlensäure. Diese kommt im reinen Zustand zu mäßigem Preis in starken schmiedeeisernen Zylindern (Bomben) in den Handel. Durch Öffnen eines Ventils wird der Druck vermindert, es entsteht gasförmige Kohlensäure, die entweicht und ihrerseits wieder einen Druck ausübt. Dieses Verhalten benutzt man seit neuerer Zeit zur Erzeugung des Druckes in den Bierdruckapparaten. Bisher diente dazu komprimierte Luft, die durch Einpressen der Luft in sogenannte Windkessel erhalten wurde, von denen aus sie auf das im Faß befindliche Bier drückte und es mittels einer Zinnröhrenleitung bis ans Büfett be-

förderte. Durch einen dort befindlichen Hahn gelangte das oft mit sehr unreiner Luft imprägnierte Bier in die Gläser. Es ist mit Freuden zu begrüßen, daß die Benutzung der Kohlensäure zu diesem Zweck immer mehr Eingang findet, denn mit Kohlensäure imprägniertes Bier 5 zeichnet sich stets durch Wohlgeschmack aus, und behält ihn, auch wenn ein Faß schon länger angebrochen war.

CHLOR

Das Chlor kommt in der Natur nur gebunden an andere Elemente vor, besonders im Chlornatrium, das unter dem Namen Kochsalz bekannt ist und sich in 10 den Steinsalzablagerungen und im Meerwasser in großen Mengen findet. Auch ist es in Pflanzen und Tieren in Form von Chlornatrium und Chlorkalium enthalten. Im menschlichen Körper befinden sich etwa 800 g gebundenes Chlor. 15

Das Chlor ist ein grünlichgelbes, giftiges Gas von durchdringendem, erstickendem Geruch. In kleiner Menge eingeatmet bewirkt es Husten, in größeren Mengen sogar Bluthusten, ja selbst den Tod. Das Chlorgas ist in Wasser löslich und bildet damit das Chlorwasser, das die 20 Eigenschaften des Chlors besitzt. Das Chlor übt in Gegenwart von Wasser eine stark bleichende Wirkung auf organische Farbstoffe und eine zerstörende Wirkung auf Riech- und Ansteckungsstoffe aus. Dabei wird das Wasser zersetzt in Wasserstoff, der sich mit dem Chlor 25 verbindet, und in Sauerstoff, der beim Freiwerden jene Stoffe oxydiert und dadurch in andere Körper mit anderen Eigenschaften verwandelt, ($H_2O + 2Cl = 2HCl + O$). Ähnlich wie Chlor wirkt Chlorkalk, besonders wenn er mit einer Säure, z. B. Essig, befeuchtet wird. Wenn 30 die Chlorbleiche nicht schaden soll, muß nach deren Be-

endigung das Chlor vollständig aus den gebleichten Stoffen entfernt werden, da anderenfalls die Fasern notleiden.

Zur Bereitung des Chlorgases benutzt man am einfachsten Braunstein und Salzsäure. Beide werden in einer Kochflasche erwärmt; es entsteht Manganchlorür. Der Sauerstoff des Braunsteins verbindet sich mit dem Wasserstoff der Salzsäure zu Wasser; freies Chlor entweicht.

$$\underset{\text{Braunstein}}{MnO_2} + \underset{\text{Salzsäure}}{4HCl} = \underset{\text{Manganchlorür}}{MnCl_2} + \underset{\text{Wasser}}{2H_2O} + \underset{\text{Chlor.}}{Cl_2}$$

Das Chlor geht viele Verbindungen mit anderen Elementen ein. Für uns kommt hier zunächst diejenige mit Wasserstoff, die Salzsäure HCl oder Chlorwasserstoffsäure, in Betracht. Sie findet sich in den Gasen einiger Vulkane. Die Salzsäure ist ein farbloses Gas von stechendsaurem Geruch und Geschmack; es raucht an der Luft, ist nicht atembar, nicht brennbar und kann das Brennen nicht unterhalten. In kaltem Wasser ist das Chlorwasserstoffgas leicht löslich. Es wird bereitet durch Zersetzung von Kochsalz mit Schwefelsäure, dabei treibt die starke Schwefelsäure die entstehende schwächere Salzsäure aus der Mischung unter Bildung von schwefelsaurem Natrium oder Natriumsulfat:

$$\underset{\text{Chlornatrium}}{2NaCl} + \underset{\text{Schwefelsäure}}{H_2SO_4} = \underset{\text{Natriumsulfat}}{Na_2SO_4} + \underset{\text{Chlorwasserstoff.}}{2HCl}$$

Leitet man das sich entwickelnde Gas in Wasser, so entsteht die wässerige Salzsäure, die im rohen Zustand gelb ist; reine Salzsäure ist farblos. Die konzentrierte Salzsäure raucht an der Luft und rötet blaues Lackmuspapier. Sie ist ätzend, dient als Lösungsmittel für viele Metalle und andere Körper. Auf Kleiderstoffe gebracht gibt sie

meist rote Flecken, denen bald Löcher folgen. Durch sofortiges Betupfen mit Salmiakgeist können solche Flecken beseitigt werden.

SCHWEFEL

Der Schwefel findet sich in der Natur häufig und in großen Massen, teils frei, teils an andere Elemente gebun- 5 den. Frei oder gediegen kommt er hauptsächlich im Flözgebirge, im Kalkstein, Gips und Mergel vor. Sein Hauptfundort ist Sizilien. Der Schwefel findet sich auch in Verbindung mit Metallen wie Schwefelkies FeS_2, Bleiglanz PbS und Zinkblende ZnS, sowie in schwefelsauren 10 Salzen, z. B. im Gips $CaSO_4 + 2H_2O$; außerdem in den Schwefelquellen und in vielen Tier- und Pflanzenkörpern.

Der Schwefel ist hellgelb, geschmack- und geruchlos, kristallinisch und spröde, leicht zerreiblich. In Wasser 15 ist er unlöslich, sein bestes Lösungsmittel ist Schwefelkohlenstoff, aus einer solchen Lösung scheidet sich der Schwefel beim langsamen Verdunsten der Flüssigkeit in Kristallen aus. Er schmilzt bei 111° C und verwandelt sich bei 400° C in Dampf. An der Luft erhitzt, entzündet 20 er sich und verbrennt mit bläulicher Flamme zu schwefliger Säure.

Die Gewinnung des Schwefels im großen geschieht meist aus gediegenem Schwefel durch Ausschmelzen oder durch Destillation aus schwefelhaltigen Gesteinen; Schwe- 25 felmetalle, wie Schwefelkies, werden dazu ebenfalls benutzt. Der Schwefel kommt im Handel in Stangenform gegossen als Stangenschwefel und in Pulverform (abgekühlter Schwefeldampf) als Schwefelblumen vor. Von den Verbindungen des Schwefels sind für uns die folgen- 30 den wichtig:

Schweflige Säure SO_2 kommt in vulkanischen Dämpfen vor. Sie ist ein farbloses Gas, dessen Geruch an den von brennendem Schwefel erinnert. Eingeatmet erregt sie Husten und Erstickungsanfälle. Wasser löst gasförmige schweflige Säure auf und nimmt dann ihren Geruch und Geschmack, sowie ihre übrigen Eigenschaften an. Sowohl die gasförmige als auch die in Wasser aufgelöste schweflige Säure entfärbt viele organische Farbstoffe, mit ihnen farblose Verbindungen eingehend.

Die schweflige Säure entsteht beim Verbrennen von Schwefel. Sie dient zum Bleichen von Seide, Wolle, Badeschwämmen, Federn, Weiden, Strohgeflechten usw. Diese Gegenstände werden entweder, mit Wasser angefeuchtet, in geschlossenem Raum den Dämpfen brennenden Schwefels ausgesetzt, oder mit in Wasser aufgelöster schwefliger Säure behandelt. Man benutzt sie auch zum Töten von Pilzkeimen, zum Desinfizieren von Räumen, Konservieren von Nahrungs- und Genußmitteln und zum Reinigen der Fässer, um die vorhandenen Spaltpilze, die den Getränken verhängnisvoll werden können, unschädlich zu machen.

Schwefelsäure H_2SO_4 findet sich im freien Zustand in einigen vulkanischen Gewässern; an Basen gebunden kommt sie in mächtigen Lagern verbreitet vor; so als schwefelsaurer Kalk (Gips) und schwefelsaurer Baryt (Schwerspat). Die Schwefelsäure ist eine der stärksten Säuren; im reinen Zustand bildet sie eine farb- und geruchlose, ölartige Flüssigkeit, die, wenn in offenen Gefäßen aufbewahrt, aus der Luft Wasser anzieht und dadurch immer verdünnter wird. Im konzentrierten Zustand wird sie englische Schwefelsäure oder Vitriolöl genannt.

Mischt man Schwefelsäure mit Wasser, so tritt starke Temperaturerhöhung ein, die sich bis zum Kochen und

Herumspritzen des Gemisches steigern kann. Bei solchen Arbeiten sind daher gewisse Vorsichtsmaßregeln zu beachten, die darin bestehen, daß man das Wasser nie in die Schwefelsäure gießen darf, sondern diese in dünnem Strahl in das Wasser unter fortwährendem Bewegen desselben laufen lassen muß. Die Schwefelsäure greift organische und unorganische Körper an, wirkt stark ätzend und giftig. Sie durchlöchert Kleidungsstücke, verkohlt Holz und löst verdünnt und konzentriert viele Metalle auf. Die Schwefelsäure wird durch Verbrennen von Schwefel oder Rösten von Schwefelkies, wobei zunächst schweflige Säure entsteht, gewonnen. Diese wird durch Einwirkung von Luft, Wasserdampf und Salpetersäure unter Aufnahme von Sauerstoff zu Schwefelsäure oxydiert. In den Fabriken vollzieht sich dieser Prozeß in den sogenannten Bleikammern, großen mit Blei ausgeschlagenen Räumen. Die Schwefelsäure findet in der Technik vielfach Anwendung und dient auch im gewöhnlichen Leben manchen Zwecken. Es empfiehlt sich, diese Säure in Glasgefäßen mit Stöpseln aus demselben Material aufzubewahren.

Schwefelwasserstoff H_2S findet sich in den Schwefelquellen; die in Lenk (Kanton Bern) soll die stärkste und heilkräftigste in Europa sein. Schwefelwasserstoff ist ein farbloses, nach faulen Eiern riechendes, süßlich schmekkendes, giftiges Gas, das brennbar ist und mit blauer Flamme zu schwefliger Säure und Wasser verbrennt. Es bildet sich bei der Fäulnis vieler schwefelhaltiger organischer Verbindungen. Künstlich wird es erhalten durch Zersetzen von Schwefeleisen mit Salz- oder Schwefelsäure. Der in dem Gas enthaltene Schwefel verbindet sich leicht mit Metallen zu den Schwefelmetallen, von denen den verehrten Hausfrauen eines als aufdringlicher, lästiger Geselle schon längst bekannt ist; ich meine das Schwefel-

silber. Es bildet den wohlbekannten bräunlichen bis schwarzen Überzug auf silbernen Tafelgeräten und Schmuckgegenständen.

PHOSPHOR

Dieses Element kommt in der Natur nicht frei vor, sondern meist als Phosphorsäure gebunden an Basen, hauptsächlich als phosphorsaurer Kalk (Phosphorit, Apatit). Durch Verwitterung dieses Minerals, das mächtige Lager bildet, geht die Phosphorsäure in die Ackerkrume über, die jene an die Pflanzen, hauptsächlich an die Körnerfrüchte abgibt. Durch diese gelangt sie in den Körper der Menschen und Tiere; sie dient dort in erster Linie zur Knochenbildung. Außerdem findet sich der Phosphor im Fleisch, Blut, in den Nerven, im Gehirn, in den Sekreten und Exkrementen der Menschen und Tiere. Der erwachsene menschliche Körper enthält etwa 800 g gebundenen Phosphor.

Es gibt zwei verschiedene Arten von Phosphor, eine gelbe, durchscheinende und eine rote. Der gelbe Phosphor ist ein wachsglänzender Körper, in der Kälte spröde, bei gewöhnlicher Temperatur weich wie Wachs. Er verdampft schon bei gewöhnlicher Temperatur und bildet weiße, knoblauchartig riechende und im Dunkeln leuchtende Dämpfe. Der Phosphor ist sehr leicht entzündlich und verbrennt zu Phosphorsäure; bei feiner Zerteilung entzündet er sich an der Luft von selbst. Man bewahrt ihn unter Wasser auf und zerkleinert ihn auch unter Wasser. Der Phosphor ist höchst giftig und verursacht äußerst schmerzhafte Brandwunden.

Der rote Phosphor besteht aus einem rotbraunen geruchlosen Pulver, das nicht giftig ist, nicht leuchtet, an der Luft nicht oxydiert und nur schwer entzündlich ist. Der rote Phosphor entsteht beim Erhitzen des gewöhn-

lichen Phosphors bei einer Temperatur von etwa 250° C unter Luftabschluß.

Der Phosphor wird aus phosphorsaurem Kalk gewonnen und dient hauptsächlich zur Bereitung der Phosphorsäure, als Rattengift und zur Fabrikation der Streichzündhölz- 5 chen. Ein Kilogramm Phosphor ist für 2 Millionen Zündhölzchen ausreichend.

Die wasserfreie Phosphorsäure P_2O_5 ist eine weiße, schneeähnliche, zerfließliche Masse, die, wie wir wissen, entsteht, wenn Phosphor verbrennt. Durch Aufnahme 10 von 3 Molekülen Wasser geht sie in die gewöhnliche Phosphorsäure H_3PO_4, eine sirupartige Flüssigkeit, über, die auch durch Erhitzen von Phosphor mit Salpetersäure erhalten wird. Die Phosphorsäure ist nicht giftig.

Phosphorwasserstoff HP_3 ist ein gasförmiger, gif- 15 tiger Körper von sehr unangenehmem Geruch. Dieses Gas entzündet sich an der Luft von selbst und verbrennt zu Wasser und wasserfreier Phosphorsäure. Es bildet sich beim Erhitzen des Phosphors mit Natronlauge, sowie beim Faulen und Verwesen mancher phosphorhaltiger 20 organischer Materialien. Man hat das Erscheinen der Irrlichter über Sümpfen mit der Entstehung von selbstentzündlichem Phosphorwasserstoff in Zusammenhang gebracht.

SILIZIUM

Das Silizium ist eines der verbreitetsten Elemente; es 25 kommt mit Sauerstoff verbunden als Siliziumoxyd oder Kieselsäure SiO_2 vor. Diese tritt als wesentlicher Bestandteil weitverbreiteter Gesteine auf; sie findet sich in freiem Zustand kristallisiert als Bergkristall, Quarz, Sand, Rauchtopas und Amethyst; unkristallisiert als 30 Opal. Achat, Jaspis, Chalzedon und Feuerstein hält man für Gemische von kristallisierter und amorpher Kiesel-

säure. Außerdem kommt sie vor als Infusorienerde, die aus Resten zugrunde gegangener Infusorien besteht; ferner im glasigen Überzug des Strohes, des Bambus und des spanischen Rohres, im Schachtelhalm, in Seeschwämmen und in den Vogelfedern. Viele Quell- und Flußwasser enthalten ebenfalls Kieselsäure. Die Ablagerung von Kieselsäure an den Ausflußöffnungen heißer, kieselsäurereicher Quellen nennt man Kieselsinter.

Der *Bergkristall* ist meist farblos und durchsichtig. Braune Bergkristalle nennt man Rauchquarze, gelbliche Zitrine, violette Amethyste, solche mit eigentümlichem Lichtschimmer und charakteristischen Schichtungen „Katzenaugen."

Der Bergkristall findet Anwendung zu Schmucksteinen, Brillengläsern u. a. In Verbindung mit Metalloxyden und färbenden Stoffen bildet die Kieselsäure den Smaragd, Topas, Hyazinth, Granat und Labrador.

Der *Quarz* und der *Quarzsand* dienen zur Darstellung von Schmelz zur Bereitung von Glas, Schmalte, Porzellan-, Steingutwaren, zu Glasuren, zur Herstellung des Mörtels.

Die Kieselsäure bildet mit Basen kieselsaure Salze oder Silikate; diese sind in der Natur noch mehr verbreitet als die freie Kieselsäure; sie bilden den größten Teil unserer Erdrinde. Die Kieselsäure ist sehr schwer schmelzbar; sie löst sich nur in Flußsäure auf. Von den künstlich bereiteten Silikaten interessiert uns das Wasserglas; es wird durch Zusammenschmelzen von Quarz- oder Feuersteinpulver mit Pottasche oder Soda erhalten und bildet nach dem Erkalten eine harte, glasartige Masse mit muscheligem Bruch. In Pulverform löst sich dieses Glas in kochendem Wasser auf, eine dicke klebrige Flüssigkeit bildend, die den Hausfrauen unter dem Namen „Wasserglas" bekannt ist. Im Handel bezeichnet man sie je

nach dem verwendeten Ausgangsmaterial als „Kali- oder Natronwasserglas.“ Unter seinen vielen Verwendungsarten möchte ich hier nur diejenige zum Konservieren der Eier erwähnen. Auch das Glas gehört zu den Silikaten.

Wie schon erwähnt, bilden die Metalloide bei der Verbindung mit Sauerstoff meist saure Oxyde oder Säuren, die Metalle dagegen meist basische Oxyde oder Basen. Die Metalloxyde vereinigen sich mit den Säuren zu Verbindungen, die wir Salze nennen. Eine andere Art von Salzen bildet sich durch direkte Vereinigung der Metalle, z. B. mit Chlor. Dieses vertritt dann die Stelle der sauerstoffhaltigen Säuren.

Die Metalle zerfallen in zwei Hauptgruppen, in Leicht- und Schwermetalle. Man unterscheidet ferner unedle und edle Metalle. Jene verändern sich in Berührung mit Luft oder Feuchtigkeit, sie rosten oder oxydieren. Die edlen Metalle zeigen dieses Verhalten nicht.

Die Leichtmetalle teilt man in Alkalimetalle, Erdalkalimetalle und Erdmetalle ein. Die Leichtmetalle zeichnen sich durch ihr geringes Eigengewicht aus; manche davon schwimmen sogar auf dem Wasser. Die Alkalimetalle nennt man so nach ihren Sauerstoffverbindungen; diese sind in Wasser löslich und bilden damit sehr starke Basen. Die Alkalimetalloxyde werden von alters her Alkalien genannt; daher ist wohl auch die Bezeichnung „alkalisch“ für basische Verbindungen entstanden. Auch die Erdalkalimetalle benennt man nach ihren Oxyden, den alkalischen Erden, die sich von den Alkalien hauptsächlich durch ihre erdige Beschaffenheit unterscheiden. Die alkalischen Erden gehen mit Wasser mehr oder weniger lösliche Verbindungen ein. Die Oxyde der Erdmetalle erscheinen ebenfalls erdig, sie sind aber in Wasser unlöslich.

Nachdem wir eine Reihe von Metalloiden mit ihren für uns wichtigen Verbindungen kennen gelernt haben, ist es erforderlich, hier auch einige Leichtmetalle mit ihren Oxyden und einer beschränkten Zahl ihrer Salze zu er-
5 wähnen.

KALIUM

Das Kalium kommt in den Silikaten, Verbindungen mit Kieselsäure, z. B. im Feldspat, sehr verbreitet in der Natur vor. Beim Verwittern solcher Mineralien gelangt es in die Ackerkrume, von wo aus die Pflanzen die lös-
10 lichen Kaliumverbindungen aufnehmen. Beim Verbrennen der Pflanzen hinterlassen diese Asche, in der das Kalium hauptsächlich als kohlensaures Kalium oder Pottasche enthalten ist. In Ostindien finden sich Kaliumsalze in großer Menge als Auswitterungsprodukt des
15 Bodens; außerdem sind sie in dem Steinsalzlager von Staßfurt, sowie in dem Meerwasser enthalten.

Das Kalium ist ein glänzendes, silberweißes, knetbares Metall, das unter Petroleum aufbewahrt werden muß, weil es an der Luft durch Aufnahme von Sauerstoff oxy-
20 diert. Das Kalium wird erhalten durch Glühen von kohlensaurem Kali oder Kaliumkarbonat mit Kohle in schmiedeeisernen Retorten. Dabei bildet sich Kohlenoxydgas und dampfförmiges Kalium, das sich in mit Petroleum gefüllten Gefäßen sammelt und verdichtet.
25 $K_2CO_3 + C_2 = K_2 + 3CO$.

Ätzkali KOH. Wird Kalium auf Wasser geworfen, so wird dieses zersetzt; Wasserstoff wird frei und verbrennt mit violetter Flamme, deren Färbung von den glühenden Dämpfen des Kaliums herrührt, während der
30 Sauerstoff sich mit Kalium zu Kaliumoxyd verbindet, das unter Aufnahme von Wasser in Ätzkali (Kalilauge) übergeht. Im großen bereitet man das Ätzkali durch Kochen

von abgelöschtem Kalk mit Pottasche. Der entstehende kohlensaure Kalk setzt sich ab, die darüber stehende klare Flüssigkeit ist Kalilauge, die nach dem Abdampfen zur Trockene schmilzt und dann in Stangenformen oder auf eine eiserne Platte gegossen wird. Das erhaltene 5 Produkt nennt man Ätzkali. Dieses ist eine starke Base, wird an der Luft feucht, besitzt einen ätzenden Geschmack und zerstört Tier- und Pflanzenstoffe. Es findet Anwendung als Ätzmittel, Reinigungsmittel, zur Entfernung alter Ölfarben- und Lackanstriche, sowie in der Seifen- 10 siederei.

Pottasche K_2CO_3. Kohlensaures Kalium, Kaliumkarbonat. Dieses wichtige Salz bildet einen Hauptbestandteil der Asche der Landpflanzen; es wurde früher durch Auslaugen von Holzasche in Bottichen gewonnen. 15 Durch dieses Verfahren bezweckte man eine Trennung der unlöslichen Salze der Asche von den löslichen. Durch Abdampfen der Lösung oder Lauge entsteht eine dunkelbraune Masse, die rohe Pottasche, die durch Glühen in das weiße Salz, die kalzinierte Pottasche, übergeht. Sie 20 ist in Wasser leicht löslich, zerfließt an der Luft und reagiert alkalisch. Die Pottasche wird zur Glas- und Seifenfabrikation benutzt. Als man noch allgemein mit Holz feuerte, bereiteten die Hausfrauen aus der gewöhnlichen Asche die Pottasche, um aus dieser durch Kochen mit 25 Fett ihren Bedarf an Seife zu gewinnen. Die Pottasche findet auch Anwendung als Waschmittel, sowie in der Konditorei und im Haushalt zur Bereitung von Gebäcken.

Kalisalpeter KNO_3. Salpeter, salpetersaures Kalium, Kaliumnitrat wittert in manchen Ländern auf der 30 Oberfläche des Bodens aus. Aus der obersten Schicht desselben wird durch Auslaugen mit Wasser und nachheriger Behandlung der Lösung mit Pottaschlauge der Rohsalpeter erhalten, aus dem man durch wiederholtes

Umkristallisieren den reinen Salpeter bereitet. In neuerer Zeit wird fast aller Kalisalpeter durch Umsetzung des in Chili vorkommenden Natronsalpeters mit Chlorkalium gewonnen. Der Salpeter ist kristallisiert, löst sich in
5 Wasser, schmilzt beim Erwärmen zu einer klaren Flüssigkeit. Mit Kohle, Schwefel, Zucker oder anderen brennbaren Körpern erhitzt, gibt er seinen Sauerstoff ab und veranlaßt eine Verpuffung.

Neben den vielen technischen Verwendungen benutzt
10 man den Salpeter mit Kochsalz gemischt auch zur Konservierung des Fleisches, das in Berührung mit Salpeter seine rote Farbe behält.

NATRIUM

Auch das Natrium kommt in der Natur vielfach verbreitet in gebundenem Zustand vor. Als Chlornatrium
15 findet es sich in den Steinsalzlagern und im Meerwasser, sowie im Tier- und Pflanzenreich; besonders aber in den Seepflanzen durch den Chlornatriumgehalt des Meerwassers, während in den Landpflanzen die Kaliumverbindungen vorherrschen.

20 Das Natrium ist silberweiß; weich, es muß wie das Kalium unter Petroleum aufbewahrt werden. Die Darstellung des Natriums geschieht durch Glühen von kohlensaurem Natrium mit Kohle; der Prozeß ist derselbe wie bei der Bereitung des Kaliums aus Pottasche. Bringt
25 man Natrium auf Wasser, so vollzieht sich dessen Zersetzung analog derjenigen mit Kalium. Dagegen verbrennt der frei werdende Wasserstoff mit gelber Flamme.

Ätznatron $NaOH$. Diese Verbindung besitzt die nämlichen Eigenschaften wie das Ätzkali; die Auflösung
30 in Wasser heißt Natronlauge; es wird aus kohlensaurem Natrium bereitet, wie das Ätzkali aus kohlensaurem Kali. Werden Fette mit Natronlauge gekocht, so erhält man

fettsaures Natron oder feste Seife, im Gegensatz zur Schmierseife (fettsaures Kali). Da das Ätznatron und seine Salze wohlfeiler sind und im allgemeinen dieselbe Wirkung ausüben wie die entsprechenden Kaliverbindungen, werden sie diesen vorgezogen. 5

Soda Na_2CO_3. Kohlensaures Natrium, Natriumkarbonat. Dieses Salz findet sich in Mineralwassern, in den Natronseen Ägyptens, in der Asche von Meer- und Strandpflanzen, aus denen es in früheren Zeiten durch Auslaugen mit Wasser gewonnen wurde. Gegenwärtig 10 wird die Soda fabrikmäßig nach zwei Methoden, dem Leblancschen Verfahren und nach demjenigen von Solvay, bereitet. In beiden Fällen dient als Ausgangsmaterial das Kochsalz. Die wasserfreie oder kalzinierte Soda ist eine weiße, undurchsichtige, alkalisch reagierende Masse. 15 Wird sie in Wasser aufgelöst, so scheiden sich nach dem Verdampfen eines Teils der Flüssigkeit farblose, durchsichtige Kristalle aus, die viel Wasser enthalten, beim Liegen an der Luft von ihrem Kristallwasser verlieren, weiß und undurchsichtig werden oder verwittern. Die 20 Soda findet hauptsächlich Anwendung zur Bereitung der harten Seifen und in der Glasfabrikation. Auch im Haushalt dient sie hauptsächlich als kristallisierte Soda manchen Zwecken. Warum die kalzinierte, die so manche Vorteile bietet, nicht vorgezogen wird, ist auffällig. Ich 25 erinnere nur an den höheren Gehalt an Soda und an die leichter lösliche Pulverform.

Doppeltkohlensaures Natrium $NaHCO_3$. Natriumbikarbonat. Es findet sich in vielen Mineralwässern, enthält mehr Kohlensäure als die Soda und wird erhal- 30 ten durch Einwirkung von Kohlensäure auf jene, wozu man die teilweise verwitterten Kristalle benutzt. Das Natriumbikarbonat besteht aus weißen, kristallinischen Krusten, oder es ist ein weißes Pulver. Mit Wein- oder

Zitronensäure gemischt, bildet Natriumbikarbonat das Brausepulver, das in Wasser geschüttet eine stürmische Kohlensäureentwicklung veranlaßt, weil jene Säuren die Kohlensäure aus dem Salz austreiben. Die Bestandteile 5 des Brausepulvers sind getrennt aufzubewahren. Das doppeltkohlensaure Natron dient, da es beim Erwärmen Kohlensäure leicht verliert, auch zur Herstellung von Backpulver als Ersatz für Hefe. Zum Waschen feiner Wäsche wird es wegen seiner milderen Wirkung der Soda 10 vorgezogen.

Kochsalz NaCl. Chlornatrium kommt in der Natur in sehr großer Menge vor. Es findet sich in fester Form als Steinsalz in mächtigen Lagern; gelöst in dem Meerwasser, den Salzsolen, in vielen Quell- und Mineralwas- 15 sern, sowie in zahlreichen Pflanzen. Die Eigenschaften des Kochsalzes sind im allgemeinen bekannt. Es löst sich in kaltem und warmem Wasser in gleicher Menge. Chlornatrium bleibt an der Luft trocken, wenn es mit zerfließlichen Salzen wie Chlorkalium oder Chlormagnesium nicht 20 verunreinigt ist. Das Steinsalz wird bergmännisch gewonnen und ist, wenn rein, als solches für technische Zwecke verwendbar. Das unreine Steinsalz wird in der Grube selbst aufgelöst und die gesättigte Lösung, künstliche Sole, durch Pumpen zutage gefördert, worauf durch 25 Versieden und Umkristallisieren die Herstellung des Speisesalzes erfolgt. Auch die natürlichen Solen und das Meerwasser werden zu Tafelsalz verarbeitet.

KALZIUM

Das Kalzium ist ein in der Natur in sehr großer Menge und Verbreitung vorkommendes Metall. Sein Oxyd, der 30 Kalk, bildet in Verbindung mit Kohlensäure und Schwefelsäure ausgedehnte Lager. Kalksalze finden sich in der

Ackerkrume und gelöst in den meisten Wassern. Der Kalk ist daher ein Bestandteil der Pflanzen und Tiere, denn aus dem Wasser und der Ackerkrume gelangen die Kalkverbindungen in die Pflanzen und werden durch diese und das Wasser den Menschen und Tieren zuge- 5 führt. Demnach enthält die Pflanzenasche Kalksalze, ebenso die Knochen, die hauptsächlich aus kohlensaurem und phosphorsaurem Kalk bestehen.

Das Kalzium ist ein gelbes, glänzendes Metall, das leicht oxydiert und das Wasser zersetzt. Es verbrennt 10 mit gelbem Licht zu Kalziumoxyd CaO; diese Verbindung wird auch Ätzkalk, ungelöschter Kalk oder Kalk genannt. Sie bildet eine weiße, dichte, unschmelzbare Masse, die in starker Hitze in weißem Licht strahlt. Gebrannter Kalk wird hergestellt durch Glühen des natürlich vorkommen- 15 den kohlensauren Kalks; dabei entweicht die Kohlensäure: $CaCO_3 = CaO + CO_2$.

Gelöschter Kalk $Ca(OH)_2$. Kalkhydrat, Kalziumoxydhydrat, ist ein weißes, weiches Pulver, das sich beim Übergießen des gebrannten Kalks mit Wasser unter Wär- 20 meentwicklung (bis über 100° C) bildet. Kalkhydrat mit Wasser zu einem Brei angerührt heißt Kalkbrei, mit mehr Wasser zu einer milchartigen Flüssigkeit angerührt Kalkmilch. Je nach der angewendeten Menge Wasser kann der Ätzkalk zu Pulver, zu Brei oder zu Kalkmilch verar- 25 beitet werden. Läßt man diese in einem gut verschlossenen Gefäß stehen, so setzt sich das Kalkhydrat zu Boden und die darüber stehende Flüssigkeit wird klar, trübt sich aber in Berührung mit Luft, weil sie aus dieser Kohlensäure aufnimmt und kohlensauren Kalk bildet, der sich 30 als unlöslicher Körper ausscheidet. Daher die Anwendung des Kalkwassers zum Nachweis der Kohlensäure in der Luft.

Kohlensaures Kalzium $CaCO_3$. Kalziumkarbonat

kommt außerordentlich verbreitet und in sehr großen Mengen auf der Erde vor als Kalkstein, Marmor, Kreide und gemeinschaftlich mit kohlensaurer Magnesia als Dolomit. Diese Arten von kohlensaurem Kalk bilden
5 der Hauptsache nach die Gebirge und die feste Erdrinde. Kalkspat, Arragonit, Kalktuff, Tropfstein bestehen gleichfalls aus kohlensaurem Kalk. Er bildet ferner den Hauptbestandteil der Eier- und Muschelschalen, Schnekkengehäuse, Korallen und der echten Perlen. Auch das
10 Knochengerüste und die Zähne der Menschen und Tiere enthalten beträchtliche Mengen von kohlensaurem Kalk. Derselbe findet sich außerdem in der Ackererde, in der Asche der Pflanzen, gelöst in kohlensäurehaltigem Wasser als saurer hoklensaurer Kalk. Solche Wasser veranlassen
15 bekanntlich beim langsamen Verdunsten unter Entwicklung von Kohlensäure die Abscheidung von kohlensaurem Kalk; darauf beruht die Entstehung des Kalktuffs, des Tropf- und Kesselsteins. Der gewöhnliche Kalkstein ist mehr oder weniger stark verunreinigt durch Ton, Kiesel-
20 säure, kohlensaure Magnesia und Eisenoxyd. Man erhält den kohlensauren Kalk durch Mischung einer Chlorkalzium- und Sodalösung als weißen Niederschlag, der nach dem Trocknen ein weißes Pulver bildet. $CaCl_2 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + 2NaCl$. Der kohlensaure Kalk ist in Säuren
25 löslich.

Die Kalksteine dienen vielfach als Bausteine, als Lithographiesteine und zur Bereitung des gebrannten Kalks.

Der in körnig-kristallinischen Massen farblos oder ge-
30 färbt, rein oder wenig verunreinigt vorkommende Kalkstein heißt Marmor. Im reinen Zustand wird er zur Bereitung von reinem Kalk für chemische Zwecke benutzt. Der gewöhnliche Marmor dient zur Ausführung von Bauten, Fußbodensteinen, Treppenstufen und zur Herstellung

von plastischen Werken, wie Statuen usw. Die Kreide, ein weißer, erdiger Kalkstein, findet Verwendung als Schreibkreide, ferner geschlämmt als Anstrichfarbe, als Putz- und Poliermittel für Metalle und zur Bereitung chemischer Präparate. Zur Fabrikation von Zahnpulver 5 sollte der natürlichen Kreide die auf künstlichem Wege erhaltene vorgezogen werden, da jene nie frei von Sand ist. Nach häufig angestellten Beobachtungen verursacht Gebrauch von reiner Schlämmkreide als Zahnpulver Verschleimung, Heiserkeit, Zungenbelag (wohl infolge der 10 darin enthaltenen Schalenreste niedrigster tierischer Lebewesen „Foraminiferen"). Mit Glyzerin versetzte Pasten sind vorzuziehen.

MAGNESIUM

Die Verbindungen des Magnesiums sind sehr verbreitet, hauptsächlich als kohlensaure Magnesia und als 15 solche mit kohlensaurem Kalk gemischt (Dolomit). In den Staßfurter Salzablagerungen und in den Bitterwassern ist Magnesium meist als schwefelsaures Magnesium, im Meerwasser als Magnesiumchlorid enthalten.

Als gediegenes Metall findet sich das Magnesium in der 20 Natur nicht vor.

Es ist ein silberweißes, glänzendes Metall, das in verschiedenen Formen in den Handel gebracht wird und durch Zersetzung von geschmolzenen Magnesiumsalzen mittels des elektrischen Stromes entsteht. Das Magne- 25 sium verbrennt mit intensivem, die Augen blendendem Licht und einen weißen Rauch bildend zu Magnesiumoxyd oder Magnesia. Wegen der chemisch wirksamen Strahlen, die das Magnesiumlicht enthält, dient es in der Photographie in Form von Pulver, gemischt mit chlorsaurem 30 Kali als sogenanntes Blitzlicht. Magnesiumband wird zur Beleuchtung und zu Signalen verwendet.

Magnesia MgO. Gebrannte Magnesia, Bittererde oder Magnesiumoxyd ist ein leichtes, weißes Pulver, das aus der Luft Wasser und Kohlensäure aufnimmt. Es wird im großen durch Glühen der kohlensauren Magnesia 5 bereitet und findet Anwendung als Gegenmittel bei Arsenikvergiftung.

Kohlensaures Magnesium $MgCO_3$. Magnesiumkarbonat kann auch künstlich bereitet werden durch Fällen einer Lösung von schwefelsaurem Magnesium mit 10 kohlensaurem Natrium. Der entstehende Niederschlag von basisch kohlensaurer Magnesia gibt nach dem Trocknen ein leichtes, zartes, weißes Pulver, das als „Magnesia alba“ in der Medizin angewendet wird.

Die Magnesiumsilikate kommen im Mineralreich als 15 Speckstein, Meerschaum, Serpentin und Talk vor. Dieser fühlt sich besonders fettig an, ohne Fett zu enthalten. Er findet zur Herstellung von Leuchtgasbrennern, als Schmiermittel und zur Bereitung von Schminken Anwendung.

ALUMINIUM

Vorkommen. Nach dem Sauerstoff und Kiesel ist 20 das Aluminium von allen Elementen auf der Erde am meisten verbreitet. Als Aluminiumoxyd oder Tonerde Al_2O_3 kommt es kristallisiert als Korund vor, sehr viel häufiger jedoch im Beauxit, der aus Al_2O_3, Fe_2O_3, SiO_2 und Wasser besteht, als Aluminiumsilikat in Verbindung 25 mit anderen Silikaten im Feldspat, Glimmer, Chlorit, Granat und den aus diesen zusammengesetzten Felsarten. Durch Verwitterung des Feldspats entsteht die Porzellanerde oder der Kaolin $Al_2Si_2O_7 + 2H_2O$ und durch die Verwitterung der feldspatführenden, eisenhaltigen Gesteine 30 entstehen die verschiedenen Arten des gewöhnlichen Tones.

Gewinnung. Nachdem eine allgemeine Anwendung des Aluminiums lange Zeit an der Höhe der Herstellungskosten gescheitert war, wird dasselbe seit einer Reihe von Jahren in großen Massen hergestellt und zurzeit (1906) zum Preis von 4,50 M. für das Kilogramm in den Handel gebracht. Die größte Aluminiumfabrik in Europa befindet sich in Neuhausen-Laufen am Rhein.

Die Wasserkraft des Rheins treibt Turbinen, welche ihrerseits riesige Dynamomaschinen in Bewegung setzen. Der elektrische Strom wird in Tonerde Al_2O_3 geleitet, die in besonderen Fabriken aus Beauxit gewonnen wird; dadurch wird dieselbe geschmolzen und gleichzeitig in ihre Elemente zerlegt. Den negativen Pol bildet eine Metallplatte, welche durch den Boden des eisernen isolierten Schmelzofens eingeführt ist, der positive Pol besteht dagegen aus einem Bündel von Kohlenstäben. Als Elektrolyt dient eine geschmolzene Lösung von Aluminiumoxyd in Kryolith.

Eigenschaften. Das Aluminium ist im reinen Zustande ein weißes silberglänzendes Metall, welches sich nach längerem Stehen mit einem dünnen, bläulichen Häutchen überzieht, das durch stark verdünnte Salzsäure entfernt werden kann. Eine schöne Mattierung der Oberfläche läßt sich ähnlich wie beim Silber erreichen, wenn man das Metall kurze Zeit in Natriumlauge taucht, mit Wasser nachwäscht und längere Zeit in starker Salpetersäure liegen läßt.

Das Aluminium ist sehr dehnbar, läßt sich angewärmt wie Silber zu feinem Draht ausziehen und zu sehr dünnen Blättchen aushämmern (Blattaluminium). Man kann es ferner schmieden und walzen, prägen und auf der Drehbank bearbeiten, sowie aus Aluminiumscheiben nahtlose Röhren ziehen. Die wertvollste Eigenschaft ist seine Leichtigkeit, in der es alle industriell verwendeten Metalle

übertrifft. Sein spezifisches Gewicht beträgt (gegossen) 2,60. Es schmilzt bei dunkler Rotglut (etwa 700°) und ist dann so dünnflüssig, daß es beim Gießen die Formen aufs feinste ausfüllt.

5 In trockner und feuchter Luft, bei gewöhnlicher Temperatur und erhitzt, oxydiert es sich nicht, von Schwefelwasserstoff wird es, im Gegensatz zum Silber, nicht angegriffen, von verdünnter Schwefel- und Salpetersäure nur sehr langsam. Das beste Lösungsmittel sind Salzsäure 10 und Natriumlauge.

Den Oxyden anderer Metalle und Metallegierungen wie Eisen, Stahl, Kupfer und Messing gegenüber ist das Aluminium unbeständig. Bei Temperaturen über Rotglut reißt es den Sauerstoff der schweren Metalloxyde begie- 15 rig an sich und wird daher in sehr kleinen Mengen zum Raffinieren dieser Metalle benutzt. Etwa 50% des gewonnenen Aluminiums wird jetzt allein in der Flußstahlfabrikation verbraucht.

In gewissem Grade vereinigt das Aluminium die Be- 20 ständigkeit der Edelmetalle mit der Verarbeitbarkeit und Festigkeit des Eisens und Kupfers, wird aber wegen seines höheren Preises das Eisen nicht verdrängen.

Anwendung. Wegen seiner Leichtigkeit wird das Aluminium zu Luxus- und Bedarfsartikeln, wie Opern- 25 und Ferngläsern, chirurgischen, Musikinstrumenten und Feldflaschen verwendet; es eignet sich ferner, da es von Essig und anderen organischen Säuren nicht angegriffen wird, für Küchengeschirre, in denen es Kupfer und Zinn verdrängen sollte, für Löffel, Messer und Gabeln als 30 Ersatz für Silber.

Fast noch wertvoller als im reinen Zustande ist das Aluminium, mit anderen Metallen zusammengeschmolzen, als Legierung.

Die Legierung mit Kupfer, die 5–10% Aluminium ent-

hält, heißt Aluminiumbronze, besitzt eine goldgelbe Farbe, die Festigkeit des Stahles, übertrifft an Dehnbarkeit alle andere Metalle und wird vom Seewasser nicht angegriffen.

Neuerdings sind Legierungen des Aluminiums mit 10-25% Magnesium unter dem Namen „Magnalium" hergestellt worden. Das Magnalium ist viel weniger weich und schmierig wie das Aluminium, läßt sich mit der Feile und Fräse sehr leicht bearbeiten und nimmt hohe Politur an. Seiner allgemeinen Verwendung steht vorläufig noch der hohe Preis des Magnesiums im Wege.



ZWEITER TEIL — DIE PHYSIK

NOTE. — Though this section, treating of the properties of matter, is logically placed before *Wärmelehre* and *Elektrizität*, the editor would advise that the latter subjects be read first, as they are written in an easier style.

A. DIE MATERIE UND IHRE EIGENSCHAFTEN

Vom Standpunkte der Physik aus wird die Materie definiert als das Raumausfüllende. Die physikalische Verschiedenheit der Körper beruht nur auf der Verschiedenheit der Art der Raumausfüllung. Die Gesamtsumme der Materie in der Welt ist unveränderlich; es kann keine Materie zerstört oder geschaffen werden.

DAS WESEN DER MATERIE

Die jetzt allgemein anerkannte Molekular- und Atomtheorie wurde in erster Linie von Lavoisier, dem Vater der modernen Chemie (1743-1749), wissenschaftlich begründet. Diese Theorie ist die Grundlage der modernen Chemie. Nach derselben besteht die Materie aus kleinsten, auf keine Weise weiter teilbaren Teilchen, den Atomen. Diese sind unveränderlich in Größe und Gestalt; es gibt etwa 83 in ihrer Beschaffenheit wesentlich verschiedene Arten von Atomen, und diesen entsprechen die 83 Grundstoffe oder Elemente der Chemie. Durch eine gegenseitige Anziehungskraft oder chemische Affinität der Atome verbinden sich dieselben in gesetzmäßiger Weise zu Atomgruppen oder Molekülen. Die Molekülen werden wieder durch die zwischen ihnen herrschende

Anziehungskraft oder Kohäsion zu Körpern vereinigt. Die Verbindung der Atome in den Molekülen kann nicht auf mechanischem Wege, sondern nur durch chemische Wirkungen getrennt werden. Durch die feinste mecha-
5 nische Zerkleinerung der Körper könnten also nur Moleküle, nie einzelne Atome gebildet werden. Bestehen die Moleküle aus Atomen gleicher Art, so haben wir die einfachen Körper oder Elemente, deren bis jetzt etwa 83 nachgewiesen sind, während die Moleküle aller anderen
10 Körper aus Atomen verschiedener Art bestehen, die Körper also aus mehreren Elementen zusammengesetzt sind. Die Gesetzmäßigkeit der Verbindung der Atome und der Trennung der Moleküle zu Atomen erforscht die Wissenschaft der Chemie; dieselbe hat mit der Atomtheorie die
15 großartigsten Erfolge gezeitigt. Ob aber dieser so geistreich ausgebildeten Theorie auch Wirklichkeit zugrunde liegt, ist keineswegs unbedingt sicher. Nicht alle bedeutenden Chemiker glauben an das tatsächliche Bestehen und Wirken der Atome; manche fassen die ganze Lehre
20 mehr als ein Hilfsmittel für die Auffassung und Forschung auf. Selbst die Lehre, daß alle Materie aus den absolut unveränderlichen 80–90 Elementen bestehe, wird in neuester Zeit in Zweifel gezogen. Man hat angefangen zu denken, daß doch nur ein einziger, wirklicher Urstoff existiere.
25 Vielleicht kommt in nicht zu ferner Zeit der Mann, der die Einheit der Materie nachweist und alle unsere jetzigen 83 Elemente auf einen Urstoff zurückführt, dessen verschiedenartige Erscheinungsformen die gesamte Materie ist.

TEILBARKEIT

30 Eine allgemeine Eigenschaft der Materie, also aller Körper, ist die mechanische Teilbarkeit; sie geht außerordentlich weit, ja ist praktisch fast unbegrenzt.

Aus den Gebirgen werden von den Granitfelsen große Blöcke herausgesprengt; bei der Bearbeitung derselben fallen kleinere Stücke ab, die für Säulen, Platten usw. nicht zu gebrauchen sind; dieselben werden mit dem Hammer weiter zerkleinert zu Straßenschotter. Auf der Chaussee werden die einzelnen Stücke von dem darüber gehenden Fuhrwerk mehr und mehr zermalmt, bis nur Staub oder Schlamm übrig bleibt; dieser Staub besteht immer noch aus einzelnen Körnern oder Körpern, und unter dem Mikroskop erkennt man deutlich die Formen derselben. Durch feine Mühlen kann jedes Körnchen wieder in viele kleinere Partikelchen geteilt werden, und es hängt nur von der Größe des Druckes und der Feinheit der Politur der Walzen ab, wie fein schließlich die Teilchen werden. Man kann sich kaum einen Begriff davon machen, wie weit die Teilbarkeit der Körper geht, wenn man bedenkt, daß eine im Wasser enthaltene Substanz, z. B. Kochsalz, noch direkt und sicher nachzuweisen ist, wenn 1 Teil in 10 Millionen Teilen Wasser verteilt ist; ja, die unfaßbar kleine Menge von 0,0000003 Milligramm oder 3 Zehntausendmillionstel Gramm erteilt nach Bunsen einer Gasflamme noch eine nachweisbare Färbung. Streicht man mit einer Hand über die andere gegen eine Bunsenflamme hin, so erscheint sofort im Flammenspektrum die gelbe Linie des Kochsalzes; in den Hautausscheidungen ist nämlich letzteres enthalten, und durch das Streichen mit der Hand fliegen Spuren davon in die Flamme. Rosanilin erteilt nach Hoffmann in einer Verdünnung von 1 Hundertmillionstel in Alkohol diesem noch eine deutliche Färbung. Ein kleines Tröpfchen eines ätherischen Öles erfüllt bei der Verdunstung den Raum eines großen Zimmers mit seinem Dufte; ein Stückchen Moschus, welches andauernd ein Zimmer mit seinem Geruche erfüllt, zeigt nach Jahren kaum einen nachweis-

baren Gewichtsverlust. Man kann auf einem Silberdrahte eine zusammenhängende Goldschicht von 0,000004 mm Stärke erzeugen, indem man einen mit einer dünnen Goldschicht überzogenen Zylinder aus Silber zu feinem 5 Draht auszieht. 1 Milligramm Gold bedeckt auf diese Weise eine Fläche von 60 qm.

POROSITÄT

Vergleichen wir einen Badeschwamm und einen Brocken Marmor, so erscheint als ein Hauptunterschied beider Körper in ihrer physikalischen Eigenschaft, daß ersterer 10 porös, letzterer dagegen dicht ist. Vollständig dicht ist aber auch der Marmor nicht; auch er ist porös, denn er vermag kleine Mengen Flüssigkeiten einzusaugen. Ein durch aufgelöste Farbe, z. B. Anilin, entstandener Fleck läßt sich durch Wischen und Reiben nicht wieder 15 fortbringen; die Farblösung ist eben in die Poren eingedrungen und sitzt nicht nur auf, sondern in dem Marmor, wenn auch nur in der obersten sehr dünnen Schicht. Wird eine Röhre an einem Ende dicht mit einem Brettchen oder einem Stück Leder verschlossen und dann 20 durch Anschluß an eine Luftpumpe luftleer gemacht, so dringt Quecksilber, welches man auf das Holz oder das Leder gießt, unter dem äußeren Luftdruck durch die Poren desselben hindurch und fällt als feiner Regen in die Röhre. Wird ein mit Wasser gefülltes, an beiden 25 Enden dicht verschlossenes Stück Bleirohr stark zusammengepreßt, so dringt das Wasser durch das Blei hinaus. Vollständig dicht ist streng genommen kein Körper, alle haben die Eigenschaft der Porosität. Die Mauern unserer Häuser, besonders die aus Ziegelsteinen ausgeführten, 30 sind in hohem Grade porös. Durch die Mauern vollzieht sich ständig ein Kreislauf der äußeren und inneren Luft,

wodurch die so notwendige Lüftung unserer Wohnungen bewirkt wird, auch bei geschlossenen Fenstern. Füllt man eine kleine Glas- oder Eisenröhre mit Zementmörtel und stampft diesen schichtenweise fest ein, so bildet er nach dem Erhärten eine vollständig feste Masse; aber 5 dicht ist dieselbe nicht. Sie vermag ziemlich viel Wasser aufzunehmen; wenn man das eine Ende der Röhre mit einem als Manometer dienenden einfachen U-förmigen Rohr verbindet, welches teilweise mit Wasser gefüllt ist, so kann man durch kräftiges Einblasen in die eine Seite 10 der Röhre zeigen, daß Luft durch den Zementkörper hindurchdringt, indem das Wasser in dem Manometer ins Schwanken gebracht wird.

Die Porosität verschiedener Körper wird angewendet, um Flüssigkeiten zu filtrieren, d. h. Verunreinigungen 15 auszuscheiden, indem das Wasser durch die Poren des Filters hindurchgeht, während die auszuscheidenden Teilchen auf der Oberfläche zurückbleiben. Zu diesem Zwecke muß der Filterstoff so beschaffen sein, daß seine Poren kleiner sind, als die kleinsten aus der Flüssigkeit 20 auszuscheidenden Teilchen.

FESTIGKEIT

Die Moleküle aller festen und flüssigen Körper sind so miteinander verbunden, daß sie einer Änderung ihrer gegenseitigen Lage, einer Teilung oder Formveränderung einen Widerstand entgegensetzen; diese Molekularan- 25 ziehung wird in der Physik Kohäsion genannt, im gewöhnlichen Leben und in der Mechanik spricht man von der Festigkeit. Bei den flüssigen Körpern ist dieselbe nur gering: sie vermag die Teile nicht so weit zusammenzuhalten, daß Flüssigkeiten eine eigene Gestalt behalten; 30 diese sind vielmehr gestaltlos und müssen durch Gefäße

gehalten werden, damit sie nicht auseinanderlaufen. Die Gase besitzen gar keine Festigkeit, sie sind vielmehr bestrebt, sich nach allen Seiten auszudehnen. Diese Eigenschaft heißt die *Expansionskraft* der Gase. Bei den festen Körpern ist die Festigkeit sehr verschieden; sie hängt von der chemischen Zusammensetzung der physikalischen Beschaffenheit und der Art der Beanspruchung der Körper ab.

Die Festigkeitslehre ist ein sehr wichtiges Kapitel der Mechanik: sie lehrt die Tragfähigkeit und erforderliche Stärke von Fundamenten und Mauern, von Brücken und Trägern, Ketten und Seilen kennen; sie bestimmt die Stärke aller Maschinenteile, die richtige Auswahl unter den verschiedenen Materialien für die verschiedenen Verwendungszwecke, denn das eine Material widersteht besser dem Zug, das andere dem Druck, das eine kann keine Stöße aushalten, das andere wohl usw. Von den für die Technik hauptsächlich in Frage kommenden Materialien hat die größte Festigkeit der Stahl; dann kommt Schmiedeeisen und Gußeisen. Im Maschinenbau werden deshalb alle Teile, welche bei nicht zu großen Dimensionen große Festigkeit besitzen sollen, aus Eisen und Stahl hergestellt, wenn nicht besondere Gründe für einzelne Teile andere Materialien bedingen. Große Brücken, hohe Türme, die nicht ihrer selbst wegen als monumentale Bauwerke aus Mauerwerk hergestellt werden sollen, Dampfschiffe usw. werden fast nur noch aus Stahl und Eisen hergestellt. Holz besitzt bedeutend geringere Festigkeit, dafür aber andere Vorzüge; es ist viel leichter, kann ohne Umstände an Ort und Stelle beim Bau bearbeitet und in die richtige Form gebracht werden, während Eisenteile vorher genau richtig fertiggestellt werden müssen, weil die Bearbeitung von Eisen ohne maschinelle Einrichtung schwierig ist.

ELASTIZITÄT

Eine der Erscheinungsformen der Festigkeit ist die Elastizität, d. i. das Bestreben gewisser Körper, ihre Form beizubehalten oder, wenn sie durch Druck- oder Stoßkräfte verändert worden ist, wiederherzustellen. Drückt man einen Gummiball an einer Seite ein, so nimmt er nach Aufhören des äußeren Druckes seine runde Form wieder an. Wirft man einen Gummiball auf die Erde, so springt er in die Höhe; dies kommt daher, daß die Seite, die auf den Boden auftrifft, eingedrückt wird; bei der gleich darauf stattfindenden Wiederherstellung der Form wird ein Druck ausgeübt, welcher den Ball in die Höhe treibt. Wäre der Ball vollkommen elastisch, so würde er ohne Luftwiderstand wieder bis auf dieselbe Höhe springen, von der er frei gefallen (nicht mit Kraft geschleudert) ist. Eine Tonkugel, welche nicht elastisch ist, bleibt liegen und wird dauernd platt, oder sie fällt auseinander. Mit jeder Elastizitätserscheinung ist also eine momentane Formveränderung, bei Kugeln eine Abplattung verbunden. Werden zwei gute Billardbälle mit derselben Geschwindigkeit genau zentral gegeneinandergestoßen, so fahren beide sofort wieder mit fast gleicher Geschwindigkeit auseinander; auch das feste, harte Elfenbein erfährt hierbei eine augenblickliche Formveränderung. Dies läßt sich experimental nachweisen. Berührt man mit einer genau runden, polierten kleinen Elfenbeinkugel eine abgeschliffene, harte Elfenbein- oder Marmorplatte, deren Oberfläche ganz dünn mit Öl überzogen ist, so zeigt sich die Berührungsstelle nur als ein Punkt. Läßt man aber die Kugel von einiger Höhe herabfallen, so zeigt sich an der Aufschlagstelle ein kleiner Kreis; eine dementsprechende Abplattung hat die Kugel beim Aufschlag erfahren. Auch für die elastischen festen

Körper gibt es eine Grenze für die Größe des Druckes, nach welchem sie ihre Form wiederherstellen; bei Überschreitung dieser sogenannten Elastizitätsgrenze, welche für die verschiedenen Materialien sehr verschieden ist, wird die Formveränderung eine bleibende. Vollkommen elastisch sind nur die Gase, sie nehmen nach einer Volumenveränderung durch Druck — von Änderung der Gestalt kann man hier nicht sprechen, da sie ja keine selbständige Gestalt haben — welche außerordentlich weit, bis auf einen geringen Bruchteil der anfänglichen Ausdehnung getrieben werden kann, alsbald nach Aufhören des Druckes ihr früheres Volumen wieder ein. Gase und Flüssigkeiten pflanzen vermöge ihrer Elastizität, und da bei der mangelnden Kohäsion ihre Teilchen zueinander sich beliebig verschieben können, einen Druck gleichmäßig nach allen Seiten fort. Hierauf beruhen die später zu besprechenden wichtigen hydrostatischen Gesetze, der Auftrieb von Luftballons usw.

DIE ADHÄSION

Mit Adhäsion oder Anhaftekraft bezeichnet man das Aneinanderhaften verschiedener Körper an ihre Berührungsstelle; diese Eigenschaft hat mit der Kohäsion oder dem inneren Zusammenhang einige Verwandtschaft und kann unter Umständen in diese übergehen. Wenn wir ein Glas Wasser ausschütten, so bleibt an der Glaswand, entgegen der Schwerkraft, eine Schicht Wasser haften; durch Schwenken können wir viele Tröpfchen davon abschleudern, aber ganz trocken wird das Glas dabei doch nicht, immer noch können wir Feuchtigkeit abwischen. Die Kraft, die das Wasser zurückhält, ist die Adhäsion zwischen diesem und der Glaswand. Das Schreiben wie Zeichnen mit Blei- oder Farbstiften auf Papier, mit Kreide

auf der Tafel beruht auf der Adhäsion; die beim Überfahren mit einem gewissen Druck von dem Stifte bezw. der Feder gelösten Teilchen haften an der Papier- oder Holzfläche fest. Das Vergolden mit Blattgold, das Festhaften der Amalgamschicht auf den Spiegelglasplatten beruht auf der Adhäsion, ebenso das Leimen und Kitten. Wenn man zwei sehr genau eben geschliffene Glasplatten in möglichst innige Berührung bringt, indem man sie von der Seite unter Zusammendrücken übereinanderschiebt, so haften sie nachher fest zusammen; die eine bleibt frei an der anderen hängen, selbst wenn man sie mit Gewichten beschwert. Dies kann so weit gehen, daß man sie nicht mehr oder mit Mühe voneinander trennen kann, ohne sie zu zerbrechen. In Glaslagern legt man deshalb die Glasscheiben nicht direkt aufeinander, sondern trennt sie durch Leisten voneinander. Die Adhäsion beruht nicht auf der Wirkung des äußeren Luftdruckes, da sie auch im luftleeren Raume wirksam ist; sie ist vielmehr eine Art abgeschwächter Kohäsion, sie ist nicht so stark wie diese, weil die Berührung nicht so innig, die Entfernung der Moleküle größer ist. Wenn man die Berührung sehr innig machen kann, dann geht die Adhäsion vollständig in Kohäsion über, die zwei Körper verbinden sich zu einem, wie es beim Zusammenschweißen zweier Stücke Eisen der Fall ist. Durch das Hämmern des ganz weichen, weißglühenden Eisens werden die beiden Stücke in möglichst dichte Berührung gebracht, wobei die dazwischen befindliche Luft ausgetrieben wird.

DIE AGGREGATZUSTÄNDE

Es ist eine alte Gewohnheit, die Körper nach drei verschiedenen *Aggregatzuständen* zu gruppieren in *feste Körper, Flüssigkeiten und Gase.* Im festen

Aggregatzustande sind Gestalt und Volumen vollständig bestimmt; im flüssigen Zustande ist das Volumen noch ein bestimmtes, aber keine feste Gestalt mehr vorhanden, und Körper im gasförmigen Zustande haben weder be-
5 sondere Gestalt noch bestimmtes Volumen. Diese drei Bedingungen bilden aber keine vollständig scharfe allgemeine Trennungslinie, besonders in wissenschaftlichem Sinne. Eine große Anzahl Körper nehmen eine Mittelstellung zwischen dem einen und dem anderen Aggregat-
10 zustand ein, ohne daß eine genaue Scheidung möglich ist. Klebrige breiige Körper wie Sirup, Gallerte usw. führen vom festen zum flüssigen Aggregatzustand. Der vollständig dünnflüssige heiße Leim wird beim Erkalten langsam steifer und härter, bis er ein vollkommen fester,
15 glasartiger harter Körper geworden ist; in welchem Augenblicke hat er aufgehört, Flüssigkeit zu sein, und angefangen, zu den festen Körpern zu zählen?

Auch zwischen Flüssigkeiten und gasförmigen Körpern besteht keine unbedingte Grenzlinie. Kohlensäure, z. B.,
20 läßt sich bei über 31° in keiner Weise sichtbar verflüssigen, weil dieses Gas beim Zusammenpressen bis zum Sättigungspunkte ebenso dicht ist, wie flüssige Kohlensäure bei derselben Temperatur. Hat man bei unter 30° C ein starkes beiderseits zugeschmolzenes Glasröhrchen etwa
25 zur Hälfte mit flüssiger Kohlensäure gefüllt, während darüber gasförmige Kohlensäure sich befindet, und erwärmt das Röhrchen mäßig, z. B. durch bloßes Anfassen mit der Hand, so wird bis 30,9° die Dichte der flüssigen und gasförmigen Kohlensäure gleich, und damit verschwindet
30 die sichtbare Flüssigkeitsoberfläche; umgekehrt erscheint beim Erkalten in der Mitte des Röhrchens ein Nebel, worauf sich hier der Inhalt wieder in eine deutlich getrennte untere Hälfte mit Flüssigkeit und eine obere mit Gas scheidet.

Viele Körper können in der Natur in allen drei Aggregatzuständen auftreten, so das Wasser im flüssigen Zustande, fest als Eis und gasförmig als Wasserdampf. Alle Gase lassen sich zu Flüssigkeiten verdichten oder kondensieren; und alle Flüssigkeiten können in den festen Zu- 5 stand übergeführt oder zum Gefrieren gebracht werden. Umgekehrt kann man alle einfache feste Körper verdampfen. Der Übergang aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand und umgekehrt geschieht im allgemeinen nur durch Erwärmung, ohne daß der Druck in Betracht 10 kommt. Bei der Vergasung von Flüssigkeiten und der Verdichtung oder Kondensierung von Gasen aber treten Wärme (Kälte) und Druck stets zusammen auf; der eine Faktor ist mit dem anderen untrennbar verbunden.

VERFLÜSSIGUNG DER GASE

Im Jahre 1869 ist von Andrews der Satz aufgestellt 15 worden, daß es für jeden Körper eine bestimmte Temperatur gibt, über der er nur im luftförmigen Zustande bestehen, also durch keinen noch so hohen Druck verflüssigt werden kann. Diese Temperatur heißt die kritische; der zur Verflüssigung bei dieser Temperatur 20 erforderliche Druck wird der kritische Druck genannt. So ist z. B. die kritische Temperatur der Kohlensäure 31°, der kritische Druck 73 Atmosphären. Je tiefer die Temperatur unter der kritischen liegt, desto geringer ist der zur Verflüssigung erforderliche Druck. 25

Die früher als permanent bezeichnete Gase (Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff und einige andere) widerstanden allen Versuchen, sie flüssig zu machen, weil ihre kritische Temperatur tiefer liegt als die Temperaturen, die man bei jenen Versuchen anwandte. Die ersten Er- 30 folge in der Verflüssigung dieser Gase hatten (1877)

Cailletet in Paris und Pictet in Genf zu verzeichnen. Heute ist man imstande, beliebig große Mengen flüssiger Luft, flüssigen Sauerstoffs usw. herzustellen. Man bedient sich zu diesem Zwecke besonderer Kältemaschinen. 5 Die von Linde (1896) erfundene ist in Abb. 1 schematisch dargestellt. Sie besteht aus dem Kompressor, dem Kühler und dem Gegenstromapparat.

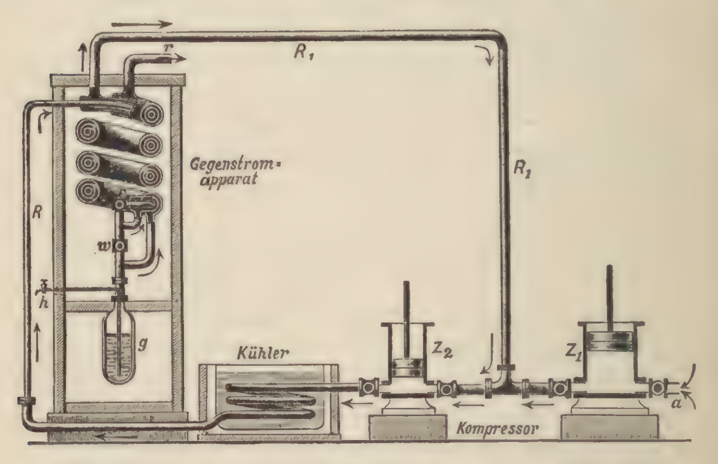


Abb. 1

Der Kompressor besteht aus zwei Verdichtungspumpen z_1 und z_2. Die eine saugt (bei a) atmosphärische Luft 10 an und verdichtet sie auf 16 Atm.; die andere preßt die Luft weiter auf 200 Atm. zusammen. Nachdem die Luft durch einen (in der Abb. nicht gezeichneten) Wasserabscheider und den Kühler hindurchgegangen ist, fließt sie in dem Rohre R dem Gegenstromapparat zu. Sein 15 wesentlichster Bestandteil ist eine aus drei ineinander liegenden Kupferrohren bestehende Spirale. Die Luft strömt in dem inneren Rohre von oben nach unten und

tritt durch das Regulierventil v aus ihm aus. Dabei sinkt ihr Druck auf 16 Atm.; infolgedessen dehnt sie sich aus und kühlt sich ab. Durch das unter dem Ventil v seitwärts mündende Rohr gelangt die kalte Luft in den Raum zwischen dem inneren und mittleren Rohre, strömt darin 5 aufwärts und kühlt nun das innere Rohr ab. Durch das Rohr R_1 wird sie wieder dem Hochdruckzylinder Z_2 des Kompressors zugeführt und beginnt ihren Kreislauf von neuem.

Die im inneren Rohre des Gegenstromapparats abwärts 10 fließende Luft tritt mit immer niedriger werdender Temperatur aus dem Ventil v aus, bis sie schließlich flüssig wird. Die flüssige Luft gelangt durch ein zweites Regulierventil w in das Sammelgefäß g. Nicht verflüssigte Luft strömt durch das unter dem Ventil w seitwärts mündende 15 Rohr in den Hohlraum zwischen dem mittleren und äußeren Rohre des Gegenstromapparats und entweicht durch das Rohr r in die Atmosphäre.

Der Gegenstromapparat ist in ein hölzernes Gehäuse eingeschlossen. Man füllt es dicht mit roher Schafwolle, 20 um zu verhindern, daß die Kupferrohre Wärme aus der Umgebung aufnehmen.

Die flüssige Luft enthält feste Kohlensäure (Argon, Krypton) und erscheint dadurch trübe. Wenn sie filtriert wird, bildet sie eine klare, bläuliche Flüssigkeit, die etwa 25 50 bis 55% Sauerstoff enthält, also viel mehr als die gewöhnliche atmosphärische Luft. Der Siedepunkt des Sauerstoffs ist $-184°$, der des Stickstoffs $-194°$; daher verdunstet mehr Stickstoff, und die Flüssigkeit wird immer sauerstoffreicher. — Die flüssige Luft kann nur 30 in offenen Gefäßen aufbewahrt werden. (Warum?) Natürlich nimmt die Menge allmählich ab. — Wenn man einen mit der Flüssigkeit gefüllten Bleibecher mit einem Holzhammer anschlägt, so gibt er einen silber-

hellen Ton. Ein in die flüssige Luft eingetauchtes Stück Gummischlauch wird hart und spröde wie Glas und kann mit einem Hammer in kleine, scharfkantige Splitter zerschlagen werden. Ein Gummiball zerspringt, wenn man
5 ihn eintaucht und dann auf die Erde fallen läßt. Alkohol und Äther erstarren; Äther bildet weiße Kristalle, Alkohol wird dickflüssig und zähe, schließlich rissig und glashart, bleibt aber amorph und läßt sich nicht entzünden.

B. WÄRMELEHRE

1. Temperatur; Ausdehnung

WÄRMEEMPFINDUNG, TEMPERATUR

Den Wärmezustand oder die Temperatur eines Körpers
10 beurteilen wir zunächst nach der Empfindung, welche er bei einer Berührung in uns hervorruft. Haben wir hierbei die Empfindung des Heißen, so nennen wir seine Temperatur hoch; erscheint er uns kalt, so nennen wir seine Temperatur niedrig. Als Zwischenstufen unterscheiden
15 wir warm, lau und kühl.

Ändert ein Körper seinen Wärmezustand, so beobachten wir auch anderweitige Veränderungen, nämlich:

1) Alle Körper werden durch die Wärme ausgedehnt (einzelne Ausnahmen). Eine Metallkugel, welche bei ge-
20 wöhnlicher Temperatur ohne großen Spielraum durch einen zugehörigen Ring geht, bleibt, wenn sie erhitzt wird, auf ihm liegen; sie fällt erst hindurch, wenn auch der Ring sich erwärmt hat.

Weitere Beispiele: Festes Anschließen eines heiß auf-
25 gezogenen eisernen Reifens; Spielraum beim Legen von Eisenbahnschienen. Spröde Körper springen bei schnel-

lem Temperaturwechsel, weil sich die schnell erhitzten oder abgekühlten Teile von den anderen trennen.

2) Alle feste Körper gehen bei höherer Temperatur zunächst in den flüssigen und sodann in den luftförmigen Aggregatzustand über. Dem ersteren dieser Übergänge 5 geht bei manchen Körpern ein Weicherwerden voraus (Wachs, Glas).

Durch Versuche erkennt man leicht, daß diese beiden Änderungen eine genauere Beurteilung des Wärmezustandes gestatten als die Empfindung. 10

Die Wärmeempfindung läßt uns Temperaturunterschiede höchstens bis auf $\frac{1}{5}°$ C erkennen. Mittels des Thermometers können wir 100 mal, mit anderen Instrumenten, z. B. der Thermosäule, 10 000 mal genauer messen. Durch geeignete Vorrichtungen, z. B. Pyrometer, können wir Mes- 15 sungen auch noch bei Temperaturen vornehmen, welche mehrere tausend Grad über oder mehrere hundert Grad unter Null liegen.

THERMOMETER

Zur Messung der Temperaturen dient das Thermometer, dessen Gebrauch auf der Ausdehnung der Körper durch 20 die Wärme beruht. Am häufigsten wird zur Messung der Temperatur die Ausdehnung der flüssigen Körper benutzt, weil diese im allgemeinen stärker als feste Körper ausgedehnt werden und eine leichtere Beobachtung ihrer Volumenzunahme gestatten. 25

Zu diesem Zwecke wird an das Gefäß, welches mit der Flüssigkeit (gewöhnlich Quecksilber oder Weingeist) gefüllt werden soll, eine dünne Röhre angeschmolzen. Bei einer Erwärmung dehnt sich das Gefäß aus, in viel stärkerem Maße aber die Flüssigkeit; sie findet deshalb in 30 dem Gefäß nicht mehr Platz und steigt in der Röhre ein um so beträchtlicheres Stück empor, je enger diese ist.

Der Stand der Flüssigkeit wird an einer Skala abgelesen, die man auf der Röhre selbst oder auf einem besonderen, innerhalb oder außerhalb des Rohres angebrachten Streifen aus Milchglas u. dgl. anbringt.

5 Um das Thermometer zu eichen, d. h. die Teilstriche seiner Skala mit Zahlen zu versehen, verfährt man folgendermaßen. Man umgibt das Thermometer mit einem Gemisch von Schnee und destilliertem Wasser. Hierbei beobachtet man einen ganz bestimmten Stand der Flüs-
10 sigkeit in der Röhre und bezeichnet ihn mit Null (Gefrierpunkt). Sodann bringt man das Thermometer in ein Siedegefäß, in welchem es von den Dämpfen destillierten Wassers umgeben ist. Der hierbei beobachtete, ebenfalls feste Stand (Siedepunkt) wird nach Celsius mit der Zahl
15 100 bezeichnet. Dementsprechend wird der Abstand zwischen diesen beiden Fundamentalpunkten des Thermometers in 100 gleiche Teile geteilt. Die Teilung wird über die Fundamentalpunkte hinaus fortgesetzt, und die Grade unterhalb des Gefrierpunktes oder Kältegrade werden
20 mit dem Vorzeichen „—" bezeichnet, wobei jedoch, da die Wahl des Nullpunktes eine willkürliche ist, nicht an einen Gegensatz von Wärme- und Kältegraden gedacht werden darf.

Réaumur (1710) teilte den Abstand der beiden Funda-
25 mentalpunkte in 80°. Fahrenheit (1714) bezeichnete an einem geschlossenen Weingeistthermometer die Temperatur einer künstlichen Kältemischung mit 0°, die Blutwärme mit 100°. Daraus folgte für den Gefrierpunkt des Wassers in Fahrenheits Skala, die noch gegenwärtig in England
30 und Nordamerika gebraucht wird, die Bezeichnung 32°, für den Siedepunkt 212°, so daß der Abstand 180° beträgt. Somit ergibt sich für die Umrechnung von Angaben nach den drei Skalen $C = \frac{10}{8} R$ oder $C = \frac{10}{18} (F - 32)$, wo R, F, C

die betreffende Anzahl von Graden der Skalen Celsius, Réaumur, Fahrenheit bedeuten.

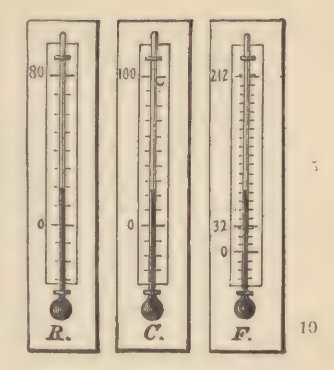


Abb. 2. Thermometerskalen

Da das Quecksilber bei −38,2° C gefriert, so werden für tiefere Temperaturen Thermometer mit einer Füllung aus Weingeist, Toluol usw. gebraucht. Für hohe Temperaturen, die aber noch unter dem Siedepunkte des Quecksilbers (357°) liegen, ist das Quecksilberthermometer ohne weiteres brauchbar. Für höhere Temperaturen, bis zu 575°, also einer Temperatur, bei der sich das Glas bereits in Rotglut befindet, hat man neuerdings Thermometer aus Jenaer Hartglas hergestellt, welche ebenfalls mit Quecksilber gefüllt sind. Am oberen Ende des Rohres tragen sie eine kleine Erweiterung, welche mit verdichtetem Gase, z. B. Kohlensäure von 30 Atm. Druck, gefüllt ist; hierdurch wird das Sieden des Quecksilbers verhindert. Für noch höhere Temperaturen bedient man sich des Luftthermometers.

MESSUNG DER AUSDEHNUNG FESTER KÖRPER

Ein Eisenstab verlängert sich bei einer Erwärmung von 1° C um 12 Millionstel seiner Länge. Diesen Bruch nennt man den linearen Ausdehnungskoeffizienten.

Der lineare, Ausdehnungskoeffizient gibt an, mit welchem Faktor die ursprüngliche Länge eines Körpers bei 0° C zu multiplizieren ist, um deren Zuwachs bei einer Temperaturerhöhung auf 1° C zu erhalten.

Bezeichnet man den Ausdehnungskoeffizienten mit α, die Länge bei 0° mit l_0, diejenige bei 1° mit l_1, so ist $l_1 = l_0 (1+\alpha)$.

Die Verlängerung, welche der Körper bei einer Erwär-
5 mung von 1° auf 2°, überhaupt bei einer Erwärmung um einen beliebigen Grad erfährt, ist im allgemeinen nicht genau ebenso groß. Die Erfahrung zeigt aber, daß dies bei sehr vielen Körpern wenigstens annähernd der Fall ist, so daß man setzen kann: $l = l_0 (1+\alpha t)$.

10 Der kubische Ausdehnungskoeffizient, welcher vorzugsweise bei der Ausdehnung der Flüssigkeiten und Gase zur Anwendung kommt, ist der Faktor, welcher mit dem anfänglichen Volumen multipliziert, die Zunahme desselben bei Erhöhung der Temperatur um einen Grad
15 C ergibt. Zwischen dem linearen und dem kubischen Ausdehnungskoeffizienten findet der einfache Zusammenhang statt, daß der kubische Ausdehnungskoeffizient gleich dem dreifachen linearen ist.

AUSDEHNUNG FLÜSSIGER KÖRPER

1) Da die Flüssigkeiten keine bestimmte Gestalt be-
20 sitzen, kann bei ihnen nur vom kubischen Ausdehnungskoeffizienten die Rede sein. Man bestimmt ihn, indem man die Flüssigkeit in ein thermometerähnliches Gefäß bringt, das aus einem weiteren Behälter und einem daran geschmolzenen, engen Rohr besteht. Das Verhältnis des
25 Rauminhalts von Gefäß und Röhre wird zuvor genau bestimmt, am zweckmäßigsten durch Wägung der Quecksilbermenge, welche entweder das Gefäß oder die Röhre bei einer bestimmten Temperatur aufzunehmen imstande ist. Beträgt z. B. der Rauminhalt der ganzen Röhre 0,001
30 von dem des Gefäßes, und teilt man die Länge der Röhre in 100 gleiche Teile, so entspricht jeder Skalenteil einem

Hunderttausendstel des ganzen Rauminhalts, und wenn man beobachtet, um wie viele Skalenteile die Flüssigkeit für jeden Temperaturgrad ausgedehnt wird, so kann daraus der Ausdehnungskoeffizient gefunden werden. Dabei ist jedoch zu beachten, daß auch das Gefäß an der 5 Temperaturerhöhung teilnimmt, und daß sein Rauminhalt dadurch vergrößert wird. Das Steigen der Flüssigkeitssäule in der Röhre zeigt daher nur den Unterschied der Volumenzunahme von Flüssigkeit und Gefäß an, und man erkennt somit, daß die Flüssigkeit durch die Wärme stär- 10 ker ausgedehnt wird, als die sie umgebende feste Substanz des Gefäßes.

2) Zwei mit verschiedenen Flüssigkeiten, z. B. Quecksilber und Weingeist, gefüllte Thermometer, welche an zwei festen Punkten übereinstimmen, weichen in ihrem 15 Gange bei zwischenliegenden Temperaturen voneinander ab. Da ein mit Quecksilber gefülltes Thermometer zwischen 0° und 100° mit dem Luftthermometer in seinem Gange übereinstimmt, so nimmt man an, daß das Quecksilber innerhalb dieses Intervalls gleichförmig, d. h. für 20 jeden Temperaturgrad um gleich viel, durch die Wärme ausgedehnt werde. Es folgt daraus, daß die Ausdehnung des Weingeistes und ebenso der meisten anderen Flüssigkeiten eine ungleichförmige ist, und zwar wächst der Ausdehnungskoeffizient mit steigender Temperatur, na- 25 mentlich in der Nähe des Siedepunktes der Flüssigkeiten.

Das am meisten abweichende Verhalten aber zeigt das Wasser, welches sich zwischen 0° und 4° C nicht ausdehnt, sondern sein Volumen verringert, so daß seine Dichtigkeit bei etwa 4° C am größten ist, worauf es sich 30 bei weiter steigender Temperatur wieder mit wachsender Geschwindigkeit ausdehnt und bei 8° etwa dieselbe Dichtigkeit besitzt wie bei 0°. Dieses eigentümliche Verhalten des Wassers ist von wichtigem Einfluß auf die Tempera-

turverhältnisse stehender Gewässer von beträchtlicher Tiefe. Da nämlich das Wasser, wie die meisten Flüssigkeiten, zu den schlechten Wärmeleitern gehört, so geschieht die Verbreitung von Temperaturveränderungen
5 in größeren Wassermassen vorzugsweise durch Flüssigkeitsströmungen. Werden in der kalten Jahreszeit die Wassermassen von ihrer Oberfläche aus abgekühlt, so sinken die kälteren Teile, als die dichteren, herab, während die wärmeren und leichteren aus der Tiefe empor-
10 steigen, bis die ganze Wassermasse die der größten Dichtigkeit entsprechende Temperatur von 4° angenommen hat. Schreitet jetzt die Abkühlung an der Oberfläche weiter fort, so bleiben die kalten Teile an der Oberfläche, und diese bedeckt sich mit einer spezifisch leich-
15 teren, daher auf dem Wasser schwimmenden Eisschicht, während die tieferen Teile, infolge des schlechten Leitungsvermögens des Wassers, die Temperatur des Dichtigkeitsmaximums beibehalten. Es wird dadurch das Ausfrieren stehender Gewässer bis auf den Grund verhindert.

AUSDEHNUNG LUFTFÖRMIGER KÖRPER, LUFTTHERMOMETER

20 Die Ausdehnung luftförmiger Körper durch die Wärme ist sehr beträchtlich und kann leicht sichtbar gemacht werden, indem man eine enge Röhre, an welche ein weiteres Gefäß angeschmolzen ist, mit dem offenen Ende in ein mit Flüssigkeit gefülltes Gefäß tauchen läßt. Schon
25 die Annäherung der warmen Hand genügt, um einen Teil der im Gefäß enthaltenen Luft aus dem Gefäß zu verdrängen, indem dieselbe in Form von Blasen durch die Flüssigkeit entweicht. Beim Erkalten steigt dann, indem die Luft sich zusammenzieht, eine Flüssigkeitssäule in der
30 Röhre empor.

Die Luft dehnt sich für jeden Temperaturgrad um $\frac{11}{3000}$ oder $\frac{1}{273}$ ihres Volumens bei 0° aus, ihr Ausdehnungskoeffizient ist gleich 0,003665. Gay-Lussac fand 1802, daß alle Gase durch die Wärme gleich stark ausgedehnt werden. Wegen dieser Übereinstimmung betrachtet man die 5 Ausdehnung der Gase durch die Wärme als eine gleichförmige und das Luftthermometer als Normalthermometer.

Als Luftthermometer läßt sich bereits eine der oben beschriebenen ähnliche Vorrichtung benutzen. Da aber 10 das Volumen einer Gasmasse, außer von der Temperatur, auch von dem Druck abhängt, unter welchem sie steht, so muß dieser während des Versuches unveränderlich erhalten oder die etwa stattfindende Änderung in Rechnung gebracht werden. Wegen der Schwankungen des 15 atmosphärischen Luftdruckes kann daher ein Luftthermometer nicht mit einer festen Skala versehen werden, welche eine direkte Ablesung des Temperaturgrades gestattet, sondern dieser muß aus der beobachteten Volumenveränderung und dem gleichzeitig beobachteten 20 Barometerstand jedesmal berechnet werden.

Die Ausdehnung luftförmiger Körper durch die Wärme bewirkt, daß die Luft in einem Schornstein leichter ist als in der Umgebung und deshalb emporsteigt. Ist an heißen Tagen ein unbenutzter Schornstein kälter als die 25 äußere Luft, so entsteht in ihm ein absteigender Luftstrom; das Anzünden des Feuers wird dann nur möglich, indem man mittels einer größeren Menge leicht entzündlicher Stoffe die Luft in dem Schornstein schnell erwärmt.

Auch die Erwärmung der Zimmerluft bei der gewöhn- 30 lichen Ofenheizung beruht auf solchen Strömungen; ebenso die Zirkulation von Wasser oder Luft in den Rohren einer zentralen Wasser- oder Luftheizung.

2. Wärmemenge

WÄRMEEINHEIT

Mittels des Thermometers nehmen wir keinen Unterschied wahr zwischen einem Liter Wasser von 70° und hundert Litern Wasser von 70°. Dennoch wissen wir, daß zur Erwärmung dieser größeren Menge hundert mal
5 soviel Heizmaterial nötig ist, und daß sie andererseits auch die hundertfache Wärmewirkung — etwa in Bezug auf die Erwärmung eines Zimmers — hervorzubringen vermag wie jene kleinere Wassermenge. Demnach können zwei Körper nicht nur, wie wir früher sahen, verschie-
10 den sein in Bezug auf ihren Wärmezustand, sondern wir haben auch einen Unterschied zu machen hinsichtlich der Wärmemenge, welche sie besitzen.

Unter Wärmeeinheit oder Kalorie versteht man diejenige Wärmemenge, welche nötig ist, um ein Gramm
15 Wasser um 1° C zu erwärmen. Um p g Wasser von t_1° auf t_2° zu erwärmen, sind $p\ (t_2 - t_1)$ Kalorien nötig.

SPEZIFISCHE WÄRME

Schüttet man 200 g Eisenfeilspäne von 100° in 200 g Wasser von 0°, so wird die Temperatur des letzteren nur auf etwa 10,2° erhöht. Da hierzu 10,2·200 Wärme-
20 einheiten hinreichen, so folgt, daß die 200 g Eisen eine Wärmemenge von diesem Betrage abgegeben haben, während sie sich von 100° auf 10,2°, also um 89,8° abkühlten. Dieselbe Wärmemenge reicht andererseits aus, um 200 g Eisen um 89,8° zu erwärmen. Um also ein Gramm Eisen
25 um 1° zu erwärmen, sind nur $\frac{10,2}{89,8} = 0,114$ Wärmeeinhei-

ten erforderlich. Diese letztere Zahl nennt man die spezifische Wärme des Eisens.

Man versteht demnach unter der spezifischen Wärme eines Stoffes diejenige Zahl von Grammkalorien, welche erforderlich ist, um die Temperatur eines Gramms dieses Stoffes um 1° C zu erhöhen. 5

Von allen festen und flüssigen Körpern besitzt, von unwichtigen Ausnahmen abgesehen, das Wasser die größte spezifische Wärme.

Unter Wärmekapazität eines Gegenstandes versteht man diejenige Wärmemenge, welche nötig ist, um die Temperatur des Gegenstandes um 1° zu erhöhen. Man findet diesen Wert durch Multiplikation der spezifischen Wärme mit der Masse des Körpers. 10

3. Änderung des Aggregatzustandes

SCHMELZEN

Die meisten festen Körper, welche durch die Wärme nicht ihrer chemischen Natur nach verändert werden, gehen, wenn sie bis zu einem für jeden Körper bestimmten Temperaturgrad erwärmt werden, in den flüssigen Aggregatzustand über. Dieser Übergang heißt Schmelzen, die Temperatur, bei welcher er eintritt, der Schmelzpunkt des Körpers. Bis unter den Schmelzpunkt abgekühlt, kehrt der Körper in den festen Aggregatzustand zurück, er erstarrt oder gefriert. Dem Schmelzen geht häufig ein Erweichen voran, so daß manche Körper ganz allmählich durch den weichen und halbflüssigen in den flüssigen Zustand übergehen. 15 20 25

Schmelzpunkte einiger Körper

Kohlensäure	−58° C	Wismut	265°
Quecksilber	−38,2°	Blei	330°
Eis	0°	Zink	360°
Butter	32°	Silber	1000°
Talg	40°	Kupfer	1050°
Phosphor	44°	Gußeisen	1200°
Wachs	68°	Gold	1200°
Stearinsäure	70°	Gußstahl	1300-1400°
Natrium	90°	Schmiedeeisen	1600°
Schwefel	113,6°	Platin	1700°
Zinn	230°		

Die meisten Körper erfahren beim Schmelzen eine Zunahme des Volumens oder sind im flüssigen Zustand leichter als im festen. Wasser und Wismut hingegen dehnen sich im Augenblick des Erstarrens aus. Daher schwimmt Eis im Wasser, und irdene Gefäße, ja sogar dickwandige eiserne Hohlkugeln werden gesprengt, wenn das in ihnen enthaltene Wasser durch eine Kältemischung zum Gefrieren gebracht wird. Das Volumen von 1 g Eis ist etwa 1,1 ccm, das spezifische Gewicht beträgt 0,918.

SCHMELZUNGS- UND VERDAMPFUNGSWÄRME

1) Wird Schnee oder gestoßenes Eis in einem Gefäß im warmen Zimmer, oder über einer Flamme zum Schmelzen erwärmt, so sieht man die Temperatur an einem hineingesteckten Thermometer, wenn sie anfänglich unter 0° war, bis zum Schmelzpunkte steigen, dann aber unveränderlich auf diesem Punkt verharren, bis aller Schnee geschmolzen ist. Bei weiterer Zuführung von Wärme steigt das Thermometer wieder, bis die Temperatur den Siedepunkt erreicht hat, bei welchem es abermals unveränderlich stehen bleibt, solange noch flüssiges Wasser vor-

handen ist. Die während des Schmelzens und Siedens dem Wasser zugeführte Wärme hat also nicht zur Erhöhung der Temperatur gedient, sondern ist lediglich zur Überführung aus dem festen in den flüssigen, oder aus dem flüssigen in den luftförmigen Aggregatzustand 5 verbraucht worden. Man nennt die auf diese Weise verbrauchte Wärme die Schmelzungswärme, beziehungsweise die Verdampfungswärme des Wassers. Entsprechendes gilt für die Schmelzung oder Verdampfung eines beliebigen Stoffes. 10

Umgekehrt verharrt beim Übergang aus dem luftförförmigen in den flüssigen, oder aus dem flüssigen Aggregatzustand in den festen das Thermometer so lange auf der Temperatur des Siedepunktes oder des Schmelzpunktes, bis aller Dampf verdichtet, oder alle Flüssigkeit er- 15 starrt ist, indem beim Übergang aus dem höheren in den niederen Aggregatzustand eine gleich große Wärmemenge wieder erzeugt wird.

2) Gießt man 1 kg Wasser von 100° zusammen mit 1 kg Wasser von 0°, so beträgt die Mischungstemperatur 20 50°. Das warme Wasser hat, indem es sich von 100° auf 50° abkühlte, 50 (große) Wärmeeinheiten abgegeben, und diese waren hinreichend, um eine gleiche Gewichtsmenge des kalten Wassers von 0° auf 50° zu erwärmen. Mischt man dagegen ein Kilo Wasser von 100° mit einem Kilo 25 Schnee von 0°, so erhält man, indem der Schnee geschmolzen wird, 2 kg Wasser von 10,4°. Das heiße Wasser hat also 89,6 Wärmeeinheiten abgegeben, welche dazu gedient haben, den Schnee von 0° aus dem festen in den flüssigen Aggregatzustand überzuführen und die Temperatur des 30 durch die Schmelzung entstandenen Wassers von 0° auf 10,4° zu erhöhen. Zu letzterem Zweck sind 10,4 Wärmeeinheiten erforderlich. Es sind mithin zur Schmelzung eines Kilo Schnee $89{,}6-10{,}4=79{,}2$ Wärmeeinheiten ver-

braucht worden. Auf ähnliche Weise kann die Verflüssigungswärme anderer Körper bestimmt werden. Das Wasser besitzt unter allen Körpern, für welche die Bestimmung ausgeführt worden ist, die größte Verflüssi-
5 gungswärme.

3) Wie beim Schmelzen, so wird auch bei der Auflösung von Salzen in Wasser oder in anderen Flüssigkeiten Wärme verbraucht. So bringen z. B. Salpeter und Salmiak bei ihrer Auflösung in Wasser eine beträchtliche
10 Temperaturerniedrigung hervor. Salzlösungen gefrieren bei einer niedrigeren Temperatur als reines Wasser. Ein Gemenge von Schnee und Kochsalz wird daher bei der Vereinigung beider Bestandteile flüssig, und infolge des zur Verflüssigung erforderlichen Wärmeverbrauchs sinkt die
15 Temperatur, wenn Salz in hinreichender Menge vorhanden ist, bis zum Gefrierpunkt der gesättigten Salzlösung, welche das Produkt der Vereinigung bildet. Dasselbe findet bei Gemengen von Schnee mit anderen Salzen statt. Darauf beruhen die künstlichen Kältemischungen.
20 So sinkt die Temperatur eines Gemenges gleicher Gewichtsteile Schnee und Kochsalz von 0° bis –21,3°, die eines Gemenges von 1 Gew. Schnee und 3 Gew. kristallisiertem Chlorkalzium auf –33° C. Mäßig verdünnte Schwefelsäure bewirkt, auf Schnee gegossen, durch Ver-
25 flüssigung desselben eine Temperaturerniedrigung bis zu –40° und –50° C.

VERDAMPFEN, VERDUNSTEN, SIEDEN

Der Übergang aus dem flüssigen in den luftförmigen Aggregatzustand, die Verdampfung, findet entweder allmählich an der Oberfläche der Flüssigkeit statt und heißt
30 dann Verdunstung, oder sie erfolgt, bei erhöhter Temperatur, schnell und unter aufwallender Bewegung der

Flüssigkeit. Dieser schnelle Übergang in den Dampfzustand oder das Sieden erfolgt bei einer bestimmten Temperatur, welche der S i e d e p u n k t der Flüssigkeit genannt wird. Er ist für jede Flüssigkeit verschieden, hängt aber außerdem vom Luftdruck ab. Der Siedepunkt des Wassers ist 100° C bei dem mittleren Barometerstand von 760 mm. Bei geringerem Luftdruck, also z. B. auf hohen Bergen, unter der Glocke der Luftpumpe, tritt das Sieden schon bei niederer Temperatur ein.

Umgekehrt kann, in einem luftdicht verschlossenen Gefäß mit hinreichend starken Wänden, die Flüssigkeit bis über die Temperatur ihres Siedepunktes erhitzt werden, indem der Druck des am Entweichen verhinderten Dampfes mit der Temperatur steigt und die weitere Dampfbildung unmöglich macht. Darauf beruht der Gebrauch des Papinschen Topfes oder Digestors, welcher aus einem luftdicht verschließbaren und, zur Vermeidung der Gefahr des Zerspringens, mit einem Sicherheitsventil versehenen eisernen Gefäß besteht und zum Ausziehen im Wasser löslicher Bestandteile aus Substanzen dient, die einer höheren Lösungswärme als 100° bedürfen.

DESTILLATION, VERDAMPFUNGSWÄRME, VERDUNSTUNGSKÄLTE

1) Bei der Destillation einer Flüssigkeit wird der durch Erhitzung in einem Kessel (Destillierblase) *A* oder einer Retorte entwickelte Dampf in einen von kaltem Wasser umgebenen Kolben oder ein Schlangenrohr geleitet, in welchem er sich zu Flüssigkeit verdichtet.

Bei dieser Verdichtung findet eine beträchtliche Wärmeentwicklung statt, indem die während des Siedens verbrauchte Verdampfungswärme bei der Überführung des Dampfes in den flüssigen Zustand wiedererzeugt wird,

und es muß für hinreichend schnelle Erneuerung des Kühlwassers in dem Gefäß B gesorgt werden. Wasser kann in hölzernen Gefäßen durch Einleiten von Dampf bis zum Sieden erhitzt werden, und zwar vermag ein Kilogramm 5 Dampf mehr als die fünffache Wassermenge von 0° bis 100° zu erwärmen. Um ein Kilogramm Wasser (bei 100° C) in Dampf zu verwandeln, sind nämlich 537 Wärmeeinheiten erforderlich, und eine gleiche Wärmemenge wird bei der Verdichtung des Dampfes abgegeben. Das Was- 10 ser besitzt unter allen Flüssigkeiten die größte Verdampfungswärme.

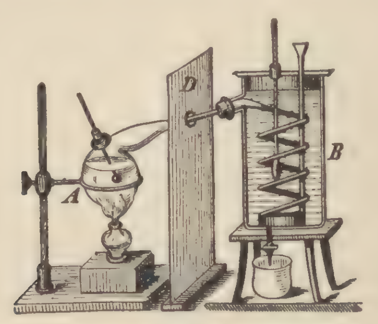


Abb. 3. Destillationsapparat

2) Wie bei der schnellen Dampfbildung beim Sieden, so wird auch bei der Verdunstung Wärme verbraucht. Da hier jedoch eine Wärmezufuhr von außen nicht statt- 15 findet, so wird die zur Verdampfung nötige Wärmemenge der verdunstenden Flüssigkeit selbst und deren Umgebung entzogen. Durch schnelle Verdunstung kann daher eine bedeutende Temperaturerniedrigung erzielt werden. Darauf beruht die Abkühlung der Flüssigkeiten durch 20 Umwickeln der Gefäße mit feuchten Tüchern, oder durch die Anwendung poröser Tongefäße, von deren feuchter Oberfläche die Flüssigkeit verdunstet. Ein trockener

Luftstrom beschleunigt die Verdunstung und verstärkt daher die Abkühlung. Durch Verdunstung des Äthers und anderer sehr flüchtiger Flüssigkeiten können sehr hohe Kältegrade erzeugt werden, namentlich wenn die Verdunstung im luftleeren Raum geschieht. Man benutzt 5 daher die Verdunstungskälte des Äthers und des flüssigen Ammoniaks zur künstlichen Eisbereitung.

4. Verbreitung der Wärme

WÄRMELEITUNG

Die Verbreitung der Wärme geschieht auf doppelte Weise, nämlich: 1) durch Leitung, 2) durch Strahlung. Durch Leitung wird die Wärme im Inneren eines 10 Körpers oder, bei unmittelbarer Berührung zweier Körper, von jedem Teilchen zum unmittelbar benachbarten fortgepflanzt. Durch Strahlung dagegen erfolgt die Verbreitung der Wärme, nach Art der Fortpflanzung des Lichtes, auf beliebig große Entfernungen und auch ohne 15 das Vorhandensein eines die Fortpflanzung vermittelnden, wägbaren Mediums, z. B. von der Sonne zur Erde. Neben diesen beiden Formen der Wärmeverbreitung kommt noch in Betracht eine Wärmeübertragung durch Bewegung erwärmter Körper. 20

a) Hält man ein Stück Metalldraht mit einem Ende in eine Kerzenflamme, so wird die Erwärmung bald auch am anderen Ende fühlbar; es hat sich also die Wärme durch das Metall von Teilchen zu Teilchen fortgepflanzt. Bei anderen Körpern, z. B. Holz, erfolgt diese Fortleitung 25 der Wärme so langsam, daß an einem brennenden Holzspan die Erwärmung kaum in unmittelbarer Nähe der brennenden Stelle fühlbar ist. Man unterscheidet da-

nach gute und schlechte Wärmeleiter. Zu den ersteren gehören vorzüglich die Metalle, zu den letzteren Holz, Stroh, Pelzwerk, Wolle, Federn u. dergl.

Um die Wärmeleitungsfähigkeit verschiedener 5 Körper, z. B. der Metalle, zu vergleichen, verfertigt man aus ihnen Stäbe von gleicher Länge und Dicke, welche an einem Ende auf eine gleiche hohe, an dem anderen auf eine gleiche niedere Temperatur gebraucht werden, und bestimmt die Temperatur der Stäbe in verschiedenen 10 Entfernungen von der Wärmequelle, etwa durch Thermometer, deren Gefäße in enge zylindrische Vertiefungen gebracht werden, die seitlich in die Stäbe gebohrt und mit Öl oder Quecksilber gefüllt sind. Werden die Stäbe versilbert, so ist die Wärmeabgabe an die äußere Umge- 15 bung bei allen gleich, und aus der Geschwindigkeit der Wärmeabnahme mit der Entfernung von der Wärmequelle kann auf ihr verschiedenes Leitungsvermögen geschlossen werden, und zwar zeigt derjenige Stab einen stärkeren Abfall der Temperatur, bei welchem die Wärme- 20 abgabe an die Umgebung verhältnismäßig groß, die Wärmeleitung also gering ist.

b) In einem mit Wasser gefüllten Probiergläschen läßt sich oberhalb das Wasser zum Kochen bringen, ohne daß ein unten liegendes Eisstückchen schmilzt.

25 Flüssigkeiten sind im allgemeinen sehr schlechte Wärmeleiter. Wird eine Flüssigkeit in einem Gefäß von untenher erwärmt, so geschieht die Verbreitung der Wärme nicht durch Leitung, sondern durch Strömungen der Flüssigkeit, indem die am Boden des Gefäßes erwärmten 30 Flüssigkeitsteilchen, als die leichteren, aufsteigen, und die kälteren, schwereren, herabsinken und mit dem Boden in Berührung kommen. Auf diese Weise verbreitet sich die Wärme schnell durch die ganze Flüssigkeit. Von oben nach unten dagegen geschieht die Fortpflanzung der

Wärme durch Leitung äußerst langsam. Ähnlich verhält es sich bei den gasförmigen Körpern.

Von der oben geschilderten Verbreitung der Wärme durch Strömung macht man bei der Zentralheizung Gebrauch. 5

WÄRMESTRAHLUNG, ZURÜCKWERFUNG DER WÄRMESTRAHLEN

Die Strahlen, welche von der Sonne, dem elektrischen Lichtbogen, einer Kerzenflamme oder anderen Strahlungsquellen ausgehen, sind je nach dem Gegenstande, auf welchen sie treffen, verschiedener Wirkungen fähig. Auf einer photographischen Platte erzeugen sie chemische 10 Wirkung, im Auge Lichteindrücke, an einem Thermometer Temperatursteigerung. Der Grad dieser Wirkungsfähigkeit ist freilich bei den verschiedenen Strahlen des Spektrums verschieden. Die chemische Wirkung ist bei den kurzwelligen, die thermische bei den langwelligen 15 Strahlen größer; dazwischen hat die Lichtwirkung ihr Maximum. Diejenigen wenig brechbaren Strahlen, welche auf das Auge nicht mehr einwirken, pflegt man wohl im besonderen Wärmestrahlen zu nennen. Hierher gehören z. B. die von einem heißen, aber nicht glühenden 20 Ofen ausgehenden Strahlen.

Es muß aber besonders betont werden, daß diese Strahlen nicht die einzigen sind, welche eine Wärmewirkung hervorbringen. Im Sonnenspektrum liegt sogar das Maximum der Wärmewirkung in dem sichtbaren Teile, nämlich 25 im Rot.

Die Wärmestrahlen befolgen in Bezug auf Spiegelung, Brechung, Interferenz und andere hierher gehörige Erscheinungen dieselben Gesetze wie die Lichtstrahlen.

5. Wärmequellen; die Wärme als Energieform

WÄRMEÜBERTRAGUNG UND WÄRMEERZEUGUNG, SONNENWÄRME

Bei den Dampfmaschinen und verwandten Vorrichtungen wird mit Hilfe von Wärme Arbeit erzeugt. Man beobachtet hierbei einen Wärmeübergang von einem wärmeren zu einem kälteren Körper, nämlich von dem
5 Dampfkessel zu dem Kondensator. Diese Tatsache wurde von den Physikern der ersten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, welche vorwiegend der Meinung waren, daß die Wärme ein Stoff sei, in Parallele gestellt mit der Tatsache, daß das Wasser nur Arbeit leistet, wenn es von
10 einem höher gelegenen zu einem tiefer gelegenen Punkt sinkt. Hierbei würde die Wärme selbst, genau wie das Wasser, in unveränderter Menge bestehen bleiben können und nur ihre Energie, d. h. ihren Arbeitsvorrat, einbüßen.

Neben dieser Auffassung trat allmählich die andere her-
15 vor, nach welcher die Wärme auf Bewegung der kleinsten Teilchen eines Körpers beruht, also nichts anderes ist als lebendige Kraft. Hieraus würde sich ergeben, daß Wärme sowohl verschwinden als auch erzeugt werden kann, aber nur, indem andere Formen der Energie erzeugt
20 werden, bezw. verschwinden. Der Umstand, daß die letztere Folgerung durch die Erfahrung aufs genaueste bestätigt wird, bildet eine wesentliche Stütze für die zugrunde liegende Theorie.

Unabhängig von jeder Theorie erkennen wir durch Ver-
25 suche, daß es zwei verschiedene Arten gibt, einen Körper zu erwärmen. Wir können zunächst von einem anderen Körper höherer Temperatur Wärme auf ihn übertragen, also einen Energievorrat benutzen, welcher bereits die Form der Wärme besitzt.

Die wichtigste Wärmequelle dieser Art ist für uns die Sonne, durch deren Strahlung das organische Leben auf der Erdoberfläche allein möglich wird und alle Witterungserscheinungen in erster Linie veranlaßt werden.

In weit geringerem Betrage kommt als Wärmequelle für die Erdoberfläche die innere Wärme des Erdkörpers in Betracht.

Zweitens können wir aber auch Wärme erzeugen, insofern wir andere Energieformen in Wärme verwandeln.

Die wichtigsten Energieumsetzungen sind die zwischen der Wärme und folgenden drei Arten der Energie:

1) Mechanische Energie.
2) Chemische Energie.
3) Elektrische Energie.

Beispiele: Eine Umsetzung elektrischer Energie in Wärme findet z. B. in einem elektrischen Ofen, ferner aber auch in jeder elektrischen Lampe statt. Eine Umsetzung von chemischer Energie in Wärme haben wir bei jedem Verbrennungsprozeß, eine Umwandlung von chemischer in thermische und sodann in mechanische Energie bei der Dampfmaschine.

Wir betrachten nunmehr genauer die Verwandlung mechanischer Energie in Wärme.

VERWANDLUNG VON ARBEIT IN WÄRME, MECHANISCHES WÄRMEÄQUIVALENT

1) Eine Erzeugung von Wärme durch mechanische Arbeit findet vorzugsweise statt bei dem Vorgange der Reibung. So erhitzen sich Maschinenteile, die Achsen und Naben der Wagenräder usw., durch gegenseitige Reibung, bei Mangel an hinreichenden Schmiermitteln. Eine um einen hölzernen Stab geschlungene Schnur erhitzt

sich und den Stab durch schnelles Hin- und Herziehen bis zum Versengen. Bei manchen im Naturzustande lebenden Völkerstämmen ist noch gegenwärtig die Methode des Feueranzündens durch Reibung zweier Holz-
5 stücke gebräuchlich. — Der Stahl erhitzt sich durch Reibung am Feuerstein so stark, daß die losgelösten, verbrennenden Stahlteilchen dazu dienen können, Zunder, Feuerschwamm oder Schießpulver zu entzünden. Der an den Streichhölzern befindliche Zündstoff erhitzt sich
10 durch Reibung an einer rauhen Fläche bis zur Temperatur seiner Entzündung.

Als eine Wärmeentwicklung durch innere Reibung hat man die Erhitzung von Metallen durch Druck anzusehen, die man z. B. beim Hämmern eines Bleistücks beobachtet.
15 Bei allen Formenveränderungen eines Körpers über die Elastizitätsgrenze hinaus, tritt diese Erwärmung auf.

2) Da, wie wir gesehen haben, die Wärme nichts anderes ist, als Bewegungsenergie der kleinsten Teilchen eines Körpers, so ist zu erwarten, daß zwischen der erzeugten
20 Wärmemenge und der zu ihrer Erzeugung verwendeten Arbeit ein bestimmtes und unabänderliches Verhältnis besteht. Diesen Gedanken hat in voller Klarheit zuerst (1842) der Heilbronner Arzt Robert Mayer ausgesprochen, und er hat, gestützt auf ältere Versuche, jenes Verhältnis
25 berechnet.

Der Engländer Joule hat in den Jahren 1843 bis 1849 umfangreiche Versuche eigens zur Ermittelung derselben Größe angestellt.

Aus den von Joule und anderen angestellten Versuchen
30 hat sich ergeben, daß eine Arbeit von 427 Kilogrammmetern erforderlich ist, um 1 kg Wasser um 1° C zu erwärmen.

Andererseits wird bei denjenigen Maschinen, die Wärme in Arbeit verwandeln, z. B. der Dampfmaschine für die

Hebung eines Kilogramms auf die Höhe von 427 Metern eine Wärmeeinheit (Kilogrammkalorie) verbraucht.

Die Zahl 427, welche das unabänderliche Umsetzungsverhältnis von Wärme und Arbeit angibt, wird mit dem Namen des *mechanischen Äquivalents der Wärmeeinheit* bezeichnet. Der in der Mechanik begründete Satz von der *Erhaltung der Energie* hat durch die Auffindung dieses Äquivalents eine wichtige Verallgemeinerung erfahren. Daß er noch weiter ausgedehnt werden kann und alle Energieformen umfaßt, hat Helmholtz in seiner 1847 erschienenen Abhandlung „Über die Erhaltung der Kraft“ dargelegt, indem er zeigte, daß eine Reihe von einzelnen, damals bekannten Sätzen sich in jenen Satz zusammenfassen lassen. Seit den bedeutsamen Arbeiten von Mayer, Joule und Helmholtz beherrscht der Satz von der Erhaltung der Energie die Physik in ähnlicher Weise wie der Satz von der *Erhaltung des Stoffes* die Chemie. Alle unsere Erfahrungen haben ihn aufs genaueste bestätigt, und zahlreiche Erscheinungen sind mit seiner Hilfe aufgefunden worden.

Großartige Beispiele für mehrfache Energieumsetzungen haben wir fast bei jedem technischen Betriebe. In einer elektrischen Zentrale wird z. B. die chemische Energie der Kohlen zunächst in Wärme verwandelt. Sodann erfolgt eine Verwandlung von Wärme in mechanische Energie mittels der Dampfmaschine. Nunmehr wird durch die Drehung der Dynamomaschine elektrische Energie erzeugt, und zwar gibt es auch hierbei ein ganz bestimmtes Umsetzungsverhältnis. Die mittels der Leitungsdrähte nach beliebig entfernten Punkten übertragene Elektrizität vermag wiederum mechanische Arbeit zu leisten, z. B. durch die Bewegung eines Straßenbahnwagens, oder Wärme- und Lichtenergie zu erzeugen usw. Würde man alle diese Wirkungen genau messen und mittels der betreffenden Äquivalentzahlen in einem gemeinschaftlichen Maße ausdrücken, also z. B. in Kalorien, so würde man finden, daß Energie weder verloren gegangen noch gewonnen worden ist.

VERBRENNUNGSWÄRME, WÄRME DER LEBEWESEN

1) Jeder chemische Vorgang, bei dem eine Vereinigung zweier Grundstoffe oder Verbindungen stattfindet, ist mit einer mehr oder minder beträchtlichen Wärmeentwicklung verbunden, so namentlich die Vereinigung der
5 Grundstoffe mit Sauerstoff oder Oxydation, die Verbindung der Metalle mit Chlor, Jod, Brom, Schwefel usw., die Vereinigung der Säuren mit Alkalien zu Salzen usw., die Vereinigung des gebrannten Kalks oder der Kalkerde mit Wasser zu Kalkerdehydrat, welche beim sogenannten
10 Löschen des gebrannten Kalks stattfindet, die Vereinigung der wasserfreien und der konzentrierten Schwefelsäure mit Wasser. Insbesondere findet bei der schnellen Vereinigung vieler Grundstoffe mit Sauerstoff, oder auch mit Chlor, eine so starke Wärmeentwicklung statt, daß
15 sie dadurch zum Glühen erhitzt werden. Solche lebhafte Vereinigung zweier Stoffe wird mit dem Namen **Verbrennung** bezeichnet.

In der Regel ist zur Einleitung des Verbrennungsprozesses eine erhöhte Entzündungstemperatur erforderlich.
20 Ist er einmal eingeleitet, so reicht die durch die Verbindung erzeugte Wärme hin, die Verbrennung zu unterhalten. Manche Stoffe entzünden sich schon bei gewöhnlicher Temperatur durch bloße Berührung, oder es genügt eine geringe Reibung zur Entzündung; häufig aber, z. B. bei
25 der Steinkohle, muß man zuvor einen oder der Reihe nach mehrere andere Körper verbrennen, um die Entzündungstemperatur zu erreichen. Chlor und Wasserstoff vereinigen sich unter Explosion durch Einwirkung des Sonnenlichts.

30 Ist der in atmosphärischer Luft oder Sauerstoff verbrennende Körper entweder schon bei gewöhnlicher Temperatur gasförmig (Wasserstoffgas, Leuchtgas), oder geht er

bei erhöhter Temperatur in den gasförmigen Zustand über (Schwefel, Phosphor), oder werden endlich durch erhöhte Temperatur aus ihm brennbare Gase entwickelt (Öl, Wachs, Holz), so erfolgt die Verbrennung mit Flamme.

2) Auch den Atmungsprozeß der Menschen und der 5 warmblütigen Tiere haben wir nach Lavoisier als eine Verbrennung anzusehen; sie bildet die Quelle der Körperwärme. Unabhängig von Klima und Jahreszeiten beträgt die Blutwärme des gesunden Menschen etwa 37,5°; ungefähr dieselbe Temperatur besitzen die meisten Säuge- 10 tiere, die Vögel hingegen haben eine Blutwärme von 40–41°. Die beim Atmen in die Lungen eindringende Luft gibt einen Teil ihres Sauerstoffs an gewisse kohlenstoff- und wasserstoffhaltige Bestandteile des Blutes und der vom Blut durchströmten Gewebe ab, so daß durch die Oxy- 15 dation der letzteren Kohlensäure entsteht. Die Pflanzen hingegen nehmen aus der Luft Kohlensäure auf, welche in den Blättern unter dem Einfluß des Sonnenlichts in ihre Bestandteile zerlegt wird.

6. Wärmeerscheinungen in der Atmosphäre, Meteorologie

FEUCHTIGKEITSGEHALT DER LUFT

Für die Wetterkunde ist es von großer Wichtigkeit, den 20 jedesmaligen Feuchtigkeitsgehalt der Luft mit möglichster Schnelligkeit und Genauigkeit bestimmen zu können, da durch ihn der Eintritt der wässerigen Niederschläge (Wolkenbildung, Regen, Schnee, Tau usw.) wesentlich bedingt ist. Infolge der Verdunstung von der Oberfläche des 25 Meeres, der Binnengewässer, der Vegetation usw. ist die Luft, namentlich in ihren unteren Schichten, stets teil-

weise mit Wasserdampf gesättigt. Enthält sie fast die ganze zu ihrer Sättigung erforderliche Menge, so heißt sie feucht, enthält sie nur wenig Wasserdampf, so heißt sie trocken. Bei gleichem absoluten Gehalt an Wasser-
5 dampf wird eine Luftmenge um so feuchter erscheinen, je niedriger ihre Temperatur ist. Wird die Temperatur mehr und mehr erniedrigt, so wird bei einem gewissen Temperaturgrade die vorhandene Dampfmenge zur Sättigung des Luftraumes hinreichend sein, und bei weiterer
10 Erniedrigung der Temperatur beginnt ein Teil des Wasserdampfes sich in flüssigem Zustande niederzuschlagen. Der Temperaturgrad, bei welchem der Niederschlag eintritt, heißt der Taupunkt. Die zum Eintritt des Niederschlags erforderliche Temperaturerniedrigung wird um
15 so größer sein, oder der Taupunkt wird um so tiefer unter der Lufttemperatur liegen, je trockener die Luft ist.

Der absolute Feuchtigkeitsgehalt der Atmosphäre, d. h. die in der Volumeneinheit der Luft enthaltene Gewichtsmenge Wasserdampf, wächst und fällt im
20 allgemeinen mit der Temperatur, ist daher im Sommer größer als im Winter, in den Nachmittagsstunden größer als kurz vor Sonnenaufgang. Den umgekehrten Gang befolgt die relative Feuchtigkeit, d. h. die Zahl, welche angibt, wieviel Prozent von der zur Sättigung für die
25 stattfindende Temperatur erforderlichen Wasserdampfmenge in der Luft enthalten sind. Die Atmosphäre pflegt ihrem Sättigungspunkt um so näher zu sein, je niedriger die Temperatur ist.

Die genaueste Methode, um die absolute Feuchtigkeit
30 der Luft zu bestimmen, ist die Methode der Absorption und Wägung. Man leitet ein genau gemessenes Luftvolumen durch eine Röhre, welche mit einem die Wasserdämpfe absorbierenden (hygroskopischen) Körper, etwa mit wasserfreiem Chlorkalzium oder mit konzentrierter

Schwefelsäure, angefüllt ist: die Gewichtszunahme der Röhre gibt dann genau die in der Luft enthaltene Feuchtigkeitsmenge an (Aspirator).

HYGROMETER

Unter den Apparaten zur schnellen Bestimmung des Feuchtigkeitsgehalts der Luft sind diejenigen am be- 5 quemsten, welche auf der hygroskopischen Beschaffenheit gewisser organischer Körper beruhen. Ein entfettetes Haar zieht aus der umgebenden Luft je nach deren Feuchtigkeitsgehalt mehr oder weniger Wasser an und verlängert sich dementsprechend. H. B. de Saussure (1783) 10 befestigt ein solches Haar bei *A* (Abb. 4) und schlingt das andere mit einem Gewichte *C* beschwerte Ende um eine Rolle. Ein an der letzteren befindlicher Zeiger läßt die Verlängerung und damit die Feuchtigkeit erkennen. 15

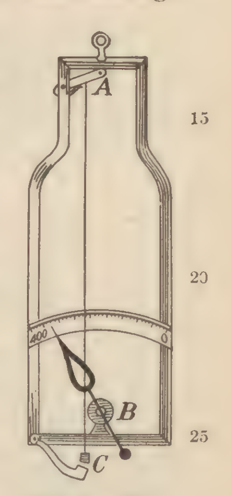


Abb. 4. Haarhygrometer

Die Skala ist in 100 Grade geteilt, und der Nullpunkt entspricht der größten Trockenheit, die Zahl 100 der Sättigung der Luft mit Wasserdampf. Der 20 erstere Punkt wird bestimmt, indem man das Instrument unter eine Glasglocke bringt, welche Chlorkalzium oder eine Schale mit konzentrierter Schwefelsäure enthält, der letztere unter einer 25 Glocke, deren Wände ganz mit Wasser befeuchtet sind.

Genaue Resultate geben derartige Instrumente nicht.

Das von Daniell (1820) und ebenso das von Alluard 30 konstruierte Ätherhygrometer bezwecken die Er-

mittelung des Taupunktes. Der letztere, von den Meteorologen vielfach gebrauchte Apparat besteht aus einem blanken Messinggefäß *A* (Abb. 5), welches mit Äther gefüllt ist. Mittels eines Gebläses schickt man einen Luft-
5 strom durch die Flüssigkeit, so daß sie lebhaft verdunstet und sich abkühlt. Sobald die Temperatur des Taupunk-

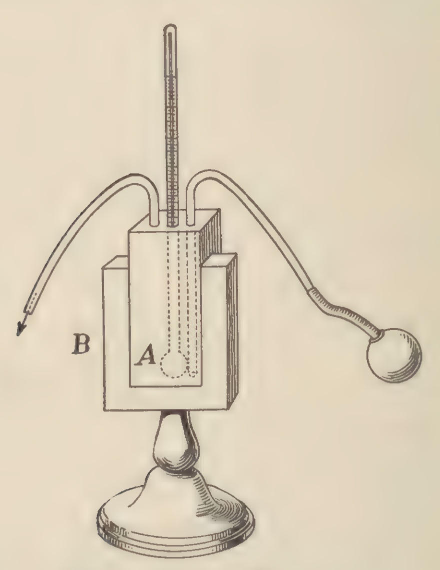


Abb. 5. Alluards Hygrometer

tes erreicht ist, schlägt sich auf der Messingwand ein feiner Hauch von Wassertröpfchen nieder. Man erkennt dies besonders deutlich durch den Gegensatz zu der be-
10 nachbarten Messingplatte *B*, welche an der Abkühlung nicht teilnimmt.

Die Temperatur des Taupunktes kann an dem in *A* befindlichen Thermometer abgelesen werden. Diese reicht aber zur Bestimmung der absoluten Feuchtigkeit hin, so-

bald man eine Tabelle besitzt, welche für jede Temperatur die Sättigungsmenge angibt, oder, was dasselbe ist, für jeden Gehalt an Wasserdampf den Taupunkt.

Sättigungsmenge des Wasserdampfes für einige Temperaturen

Temperatur:	−10	−8	−6	−4	−2	0	2	4	6	8	10
g pro cbm:	2,2	2,5	3,0	3,6	4,2	4,9	5,6	6,4	7,3	8,2	9,3
Temperatur:	12	14	16	18	20	22	24	26			
g pro cbm:	10,6	12,0	13,5	15,2	17,2	19,2	21,6	24,2			

5

Findet man z. B. als Taupunkt 8°, so enthält die Luft 8,2 g Wasserdampf in jedem Kubikmeter.

Um die relative Feuchtigkeit zu bestimmen, liest man 10 an einem anderen, frei aufgehängten Thermometer die Lufttemperatur ab. Beträgt dieselbe 16°, so würde die Luft 13,5 g Wasserdampf pro Kubikmeter enthalten können. Daraus ergibt sich die relative Feuchtigkeit zu $\frac{8,2}{13,5} = 60\%$. 15

LUFTTEMPERATUR

Die vorzüglichste Ursache der ungleichen Erwärmung auf der Erdoberfläche ist der verschiedene Stand der Sonne über dem Horizont. Unter je schieferem Winkel die Sonnenstrahlen die Erde treffen, um so geringer ist ihre erwärmende Wirkung, die überdies alsdann noch in 20 höherem Grade durch Absorption in der Atmosphäre geschwächt wird. Während bei Tage die Erdoberfläche von den Sonnenstrahlen erwärmt wird, und ihre höhere Temperatur den auf ihr ruhenden Luftschichten mitteilt, kühlt sie sich bei Nacht durch Ausstrahlung gegen den 25 Weltenraum ab; es tritt also ein Temperaturwechsel ein, der lebhafter ist bei heiterem als bei bewölktem Himmel.

Ihren täglichen Höhepunkt pflegt die Temperatur nachmittags gegen zwei Uhr, ihr Minimum etwa eine Stunde vor Sonnenaufgang zu errreichen.

Auch mit wachsender Höhe über der Meeresfläche oder über der ebenen Erdoberfläche nimmt die Temperatur ab, wie dies am besten an den Abhängen der Gebirge oder beim Aufsteigen in Luftballons beobachtet werden kann. Nach Schlagintweit entspricht z. B. in den Alpen die Temperaturabnahme von 1° C im Januar einer Erhebung von 228 m, im Juli von 140 m, im Jahresmittel von 176 m.

Die Abnahme der Temperatur mit der Höhe übt auf höheren Gebirgen einen wesentlichen Einfluß auf den Charakter der Vegetation aus, indem jede Pflanzenart in ihrer räumlichen Verbreitung auf denjenigen Höhenbezirk beschränkt ist, innerhalb dessen die zu ihrem Gedeihen erforderlichen Temperaturverhältnisse herrschen. So ist die Kultur des Weinstockes oder der Getreidearten nur bis zu einer für jede Art bestimmten Höhe über dem Meeresniveau möglich. Auf den hohen Gebirgen südlicher Länder finden in einer gewissen Höhe die immergrünen Laubhölzer die Grenze ihres Verbreitungsbezirkes, in größerer Höhe verschwinden die Laubhölzer überhaupt, dann die Nadelhölzer. Oberhalb der Baumgrenze besitzen die höchsten, alpinen Regionen ihre eigentümliche Flora aus niedrigen, mit moosähnlichem Rasen die Felsen überziehenden Pflänzchen. Oberhalb der Schneegrenze endlich vermögen die Strahlen der Sommersonne nicht mehr die im Laufe des Winters gefallenen Schneemassen zu schmelzen, und es wird dadurch das vegetabilische Leben überhaupt unmöglich gemacht.

ERDWÄRME, BODENTEMPERATUR

Die täglichen und jährlichen Temperaturschwankungen der unteren Luftschichten und der Erdoberfläche machen sich wegen der geringen Wärmeleitungsfähigkeit der Erdschichten nur bis zu einer geringen Tiefe bemerkbar. In dem 26 m tiefen Keller der Pariser Sternwarte beträgt 5 die jährliche Temperaturschwankung weniger als 0,1°. Die fast konstante Temperatur in solchen Tiefen stimmt ungefähr mit dem Jahresmittel überein; die Schwankungen gleichen sich also aus.

Aus Tiefen-Temperaturen im Atlantischen Ozean 10 machte Thomson den Schluß, daß die Sonnenwärme sich nur bis zu einer Tiefe von etwa 40 m geltend macht und die Erwärmung durch den Golfstrom etwa bis zur Tiefe von 1200 m; von da an bis zur Tiefe von 3000 m findet für je 400 m Tiefe eine Temperaturabnahme von 1° C statt, 15 von 3000 m bis 4000 m Tiefe fällt die Temperatur von 2,6° auf 2° und endlich bis zur Tiefe von 6000 m auf 1,9° C. In großen Tiefen hat der Meeresboden eine sich gleichbleibende Temperatur von 0° bis 2° C. Die niedrigste Bodentemperatur in Meerestiefen, welche bei einer Ex- 20 pedition von 1869 gefunden wurde, war – 1,3° C.

Beim Eindringen in größere Tiefen des festen Erdreichs, z. B. in Bergwerksschachte oder Bohrlöcher artesischer Brunnen, bemerkt man eine regelmäßige Zunahme der Temperatur mit wachsender Tiefe, welche im Mittel etwa 25 1° C für je 37 m beträgt. Man kann daraus schließen, daß bei gleichmäßig fortschreitender Temperaturzunahme in der Tiefe von 1 geographischen Meile die Temperatur mehr als 200° betragen und daß in 20 Meilen Tiefe sich die meisten, die oberen Erdschichten zusammensetzen- 30 den Gesteine in geschmolzenem Zustand befinden würden. Es ist daher wahrscheinlich, daß der bei weitem

größte Teil der Erdmasse sich jetzt noch in feuerflüssigem Zustand befindet, und daß die festen Gesteinmassen, welche die Erdoberfläche zusammensetzen, als eine verhältnismäßig dünne Rinde den flüssigen Kern umschließen. 5 Die innere Wärme des Erdkörpers macht sich besonders in den vulkanischen Ausbrüchen bemerkbar.

Die hohe Temperatur vieler Mineralquellen, namentlich z. B. des siedend heißen Karlsbader Sprudels und des Geysirs auf Island, erklärt sich daraus, daß diese Ge- 10 wässer aus sehr großer Tiefe emporquellen.

Das Bohrloch bei Schladebach, in der Nähe von Halle a. d. Saale, hat eine Tiefe von 1716 m und zeigt von 1596 m Tiefe ab von 30 zu 30 m die allmählich zunehmenden Temperaturen:

15 54,50°; 55,00°; 55,50°; 56,05°; 56,63° C.

Auch bei wagerechtem Eindringen in das Innere eines Berges beobachtet man eine Temperaturzunahme, so daß z. B. beim Bau eines längeren Tunnels (Simplon) besondere Vorkehrungen getroffen werden müssen, um ein Ar- 20 beiten zu ermöglichen.

Ebenso wie ein Eindringen der durch die Jahreszeiten bewirkten Temperaturschwankungen in das Erdinnere nur in geringem Grade erfolgt, wird auch die Wärme der Erde nach außen nur langsam abgegeben. Innerhalb 25 historischer Zeiten hat eine nachweisbare Temperaturabnahme überhaupt nicht stattgefunden. Daraus folgt, daß der Wärmeverlust der Erde durch Ausstrahlung nach dem Weltenraum und der Wärmegewinn durch die Strahlung der Sonne sich ungefähr das Gleichgewicht halten.

C. ELEKTRIZITÄT

1. Elektrische Ladung

LEITER UND NICHTLEITER

Die Elektrizität verbreitet sich in gewissen Körpern mit außerordentlicher Leichtigkeit und läßt sich durch diese auf jede Entfernung fortleiten. Solche Körper heißen daher Leiter. In anderen dagegen bewegt sie sich fast gar nicht oder nur sehr schwierig; dies sind die 5

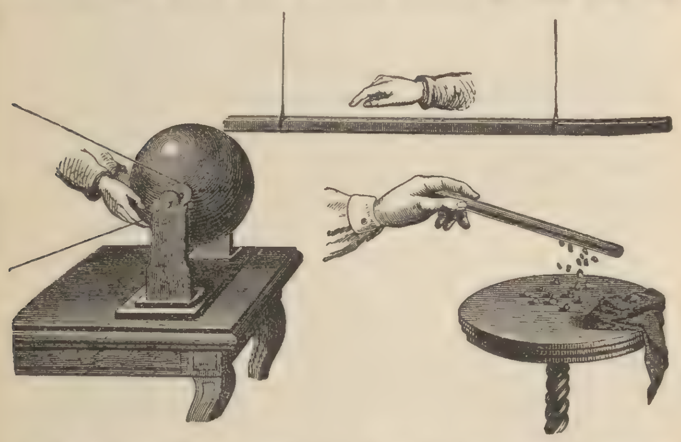


Abb. 6. Erste Elektrisiermaschine Otto von Guerickes

Abb. 7. Anziehende Kraft der Elektrizität

Nichtleiter oder Isolatoren. Aber wie es keine vollkommenen Leiter gibt, welche der Fortbewegung der Elektrizität gar keinen Widerstand entgegensetzen, so gibt es auch keine absoluten Nichtleiter. Die Trennung ist keine scharfe, es finden vielmehr graduelle Übergänge 10 von der einen Klasse zur anderen statt, und man nennt die Körper je nach der Größe des Widerstandes, welchen

sie dem Durchgange der Elektrizität entgegensetzen, gute Leiter, Halbleiter und schlechte Leiter.

Zu den guten Leitern gehören vor allem die Metalle, Salzlösungen, die Erde, das Wasser, der menschliche 5 Körper; zu den schlechten oder Nichtleitern dagegen sind alle Harze, Schellack, Guttapercha, Ebonit, Glas, Seide, die Gase usw. zu rechnen.

GRUNDERSCHEINUNGEN DER ELEKTRIZITÄT

Wenn wir eine mit Pelzwerk geriebene Siegellackstange über leichte Körper, z. B. Papierschnitzelchen, Streu, 10 Korkkügelchen oder dergleichen halten (Abb. 7), so bemerken wir, daß die leichten Körperchen mit Lebhaftigkeit in die Höhe springen und sich ringsum die geriebene Stange ansetzen. Wir bemerken ferner, daß sie sich bald nach der Berührung wieder loslösen oder vielmehr abge- 15 stoßen werden.

Dieselbe Beobachtung können wir mit dem sogenannten elektrischen Pendel, d. h. mit einem an einem feinen, seidenen Faden aufgehängten Holundermarkkügelchen, machen. Es wird von der geriebenen Siegellackstange 20 angezogen, sobald es aber die Siegellackstange berührt hat, abgestoßen, so daß es nun dieselbe ebenso flieht, wie es ihr vorher folgte. Eine mit amalgamiertem Leder geriebene Glasröhre verhält sich dem elektrischen Pendel gegenüber scheinbar in derselben Art wie Siegellack. 25 Allein es findet zwischen der Wirkung des Siegellacks und der des Glases doch ein namhafter Unterschied statt. Denn hängen wir zwei Holundermarkkügelchen in der angegebenen Weise jedes für sich auf und berühren das eine mit der geriebenen Siegellackstange, das andere mit 30 der Glasröhre, so flieht das erste von dem Augenblick der Berührung an die Siegellackstange, wird dagegen von der

Glasröhre angezogen. Umgekehrt nähert sich dasjenige Kügelchen, welches von der Glasröhre abgestoßen wird, der Siegellackstange.

POSITIVE UND NEGATIVE ELEKTRIZITÄT

Dieses entgegengesetzte Verhalten hat zur Annahme zweier entgegengesetzten Arten von Elektrizität geführt, 5 welche man Glas- oder positive Elektrizität und Harz- oder negative Elektrizität genannt hat, und

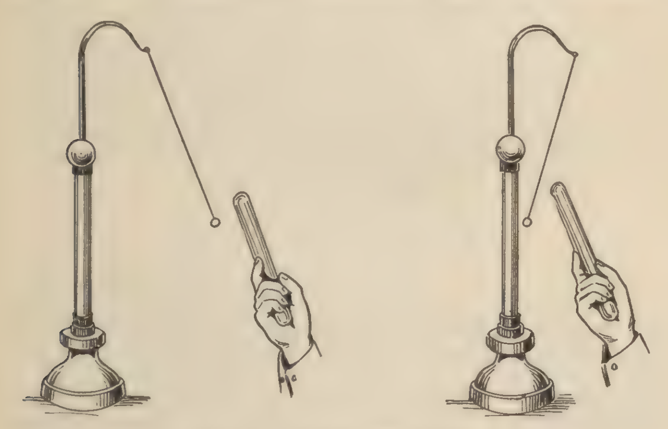


Abb. 8. Elektrisches Pendel

zu dem Fundamentalsatz, daß gleichnamig elektrisierte Körper sich abstoßen, ungleichnamig elektrisierte sich anziehen. 10

Alle Körper können durch Reiben vorübergehend elektrisch gemacht werden, ob positiv oder negativ elektrisch, können wir mittels des elektrischen Pendels erkennen. Ist das Korkkügelchen durch Berührung mit einer geriebenen Glasröhre positiv elektrisch geworden, so wird es 15

in gleicher Weise wie von der Siegellackstange von jedem negativ elektrischen Körper angezogen, von jedem positiv elektrischen aber abgestoßen. Feinere Instrumente zur Unterscheidung der beiden Arten von Elektrizität und
5 zur Messung derselben werden wir alsbald im Elektroskop und später im Elektrometer kennen lernen.

Wiederholt man den Versuch mit den Korkkügelchen mit einer geriebenen Metallstange, so zeigt sich keine Einwirkung auf die Kügelchen. Die durch Reibung er-
10 zeugte Elektrizität fließt sofort aus der Metallstange durch die Hand und den menschlichen Körper zur Erde ab, während sie bei der Glasstange an der Erregungsstelle haften bleibt. Ist die Metallstange aber mit einer Handhabe aus Glas versehen, so erhält man bei Wiederholung
15 des Versuchs dasselbe Resultat, wie oben bei Anwendung der Glas- oder Siegellackstange.

ELEKTRISCHE INFLUENZ

Wird einem unelektrischen, isolierten Körper *B* ein (etwa positiv) elektrischer Körper *A* genähert, ohne ihn zu berühren, so wird *B* durch Influenz elektrisch, d. h. es
20 werden die in ihm vereinigt gewesenen Elektrizitäten getrennt, seine negative Elektrizität wird von *A* angezogen und in gebundenem Zustande festgehalten, die positive abgestoßen. Man nennt *A* den influenzierenden, *B* den influenzierten Leiter.

25 Besteht der Leiter *B* aus zwei Teilen, die man von einander trennen kann, so läßt sich nachweisen, daß die dem Leiter *A* zugewandte Hälfte mit negativer, die andere mit positiver Elektrizität geladen ist. Verbindet man, während der Leiter *B* dem elektrisierten Leiter gegenüber-
30 steht, das abgewandte Ende von *B* für einen Augenblick leitend mit der Erde, so fließt seine positive Elektri-

zität in dieselbe. Entfernt man alsdann den influenzierenden Körper *A*, so kann sich die von ihm gebunden gewesene negative Elektrizität frei über die Oberfläche von *B* ausbreiten, und *B* erweist sich als negativ elektrisch. Man kann also auf diese Weise einen Körper 5

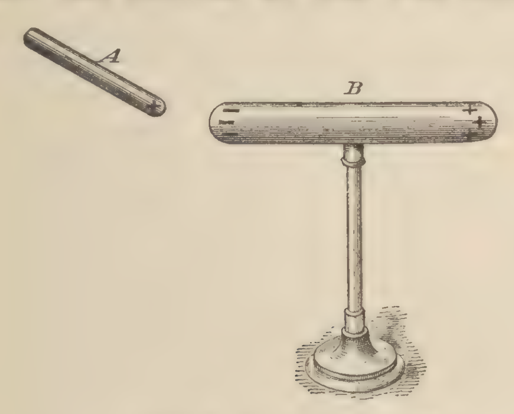


Abb. 9. Elektrische Influenz

durch bloße Annäherung an einen elektrischen Körper mit der entgegengesetzten Elektrizitätsart laden.

Wird *A* von *B* entfernt, so vereinigen sich wieder beide Elektrizitäten von *B* und neutralisieren sich. Durch den Prozeß der Influenz werden stets genau gleiche Mengen 10 positiver und negativer Elektrizität erzeugt.

ELEKTROSKOP

Zur Wahrnehmung geringer elektrischer Wirkungen dient das Elektroskop. Dasselbe ist folgendermaßen eingerichtet: In eine Glaskugel ist durch Schellack wohl isoliert ein Metallstab eingeführt, welcher an seinem obe- 15 ren Ende mit einer kleinen Kugel, dem Knopf, versehen

ist und an seinem unteren, abgeschrägten Ende zwei leichte, genau gleiche Goldschaumblättchen trägt. Nähert man einen mit Amalgam geriebenen Glasstab dem Knopf des Elektroskops, so wird der Metallstab durch Influenz elektrisch; seine negative Elektrizität wird vom Glasstab angezogen, die positive abgestoßen und nach den Goldblättchen getrieben; diese werden also einander abstoßen und divergieren, solange der Glasstab sich in der Nähe des Elektroskopknopfs befindet, und sie werden wieder zusammenfallen, wenn er entfernt wird. Berührt man aber, während der Glasstab sich in der Nähe des Knopfes befindet, diesen mit dem Finger, so fließt die positive Elektrizität zur Erde ab, während die negative Elektrizität von dem Glasstab in gebundenem Zustande festgehalten wird. Entfernt man dann zuerst den Finger und hierauf den Glasstab, so verbreitet sich die negative Elektrizität nach den Goldblättchen, welche infolgedessen mit negativer Elektrizität divergieren. Genau in derselben Weise kann man das Elektroskop mittels einer negativ geladenen Siegellackstange durch Influenz positiv elektrisch laden (Influenzelektrizität erster Art). Durch Berührung des Knopfes mit einem geriebenen Glas-, resp. Siegellackstabe wird dagegen das Elektroskop positiv, resp. negativ geladen (Influenzelektrizität

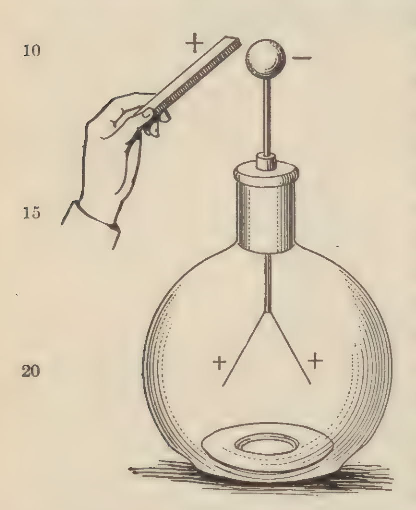


Abb. 10. Goldblattelektroskop

zweiter Art). Um nun mittels des Elektroskops entscheiden zu können, ob ein Körper positiv oder negativ elektrisch ist, ladet man dasselbe mit einer beliebigen Elektrizität, etwa mit positiver, so daß die Goldblättchen eine passende Divergenz zeigen, und nähert dem Elektroskop den zu untersuchenden Körper. Ist er positiv elektrisch, so wird er die negative Elektrizität anziehen und die positive abstoßen und in die Goldblättchen treiben, deren Divergenz also vergrößern; ist er negativ elektrisch, so wird er, da er die positive Elektrizität anzieht und die negative in die Goldblättchen treibt, deren Divergenz verkleinern. Man kann auf diese Weise auch zeigen, daß durch Reiben zweier Körper aneinander stets beide Körper elektrisch werden, und zwar der eine positiv, der andere negativ. Das Glas wird durch Reiben mit Amalgam positiv, das Amalgam negativ elektrisch, Ebonit durch Reiben mit Pelzwerk negativ, das Pelzwerk positiv elektrisch. Stets sind die erzeugten Elektrizitätsmengen gleich groß, aber entgegengesetzt.

ELEKTROMETER

So, wie man den Wärmezustand eines Körpers in Grad mißt, wird der elektrische Zustand in Volt gemessen. Elektroskope, welche eine Vorrichtung zur Messung des Winkels der Blättchen tragen, nennt man Elektrometer, und wenn die Skala direkt in Volt eingeteilt ist, Voltmeter.

Bei dem Braunschen Elektrometer (Abb. 11) trägt der durch den Deckel geführte Messingstab in einer Öffnung des mittleren wagerechten Teils einen um eine Achse drehbaren starren Stab aus Aluminiumblech. Die ebenfalls an dem Messingstab angebrachte Skala hat 40 Teile, deren jeder 100 Volt bedeutet. Mit einem geriebenen

Glas- oder Siegellackstabe läßt sich das Instrument leicht auf + oder – 4000 Volt laden.

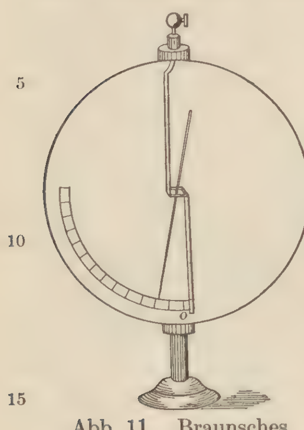


Abb. 11. Braunsches Elektrometer

Die Teilung eines Voltmeters wird durch Vergleich mit einem fertigen Voltmeter hergestellt. Wir veranschaulichen uns durch einige Beispiele die Größe des Volt: Der Draht, welcher einer Glühlampe die Elektrizität zuführt, hat bei den Berliner Elektrizitätswerken einen Zustand von 110 Volt, der oberhalb der Schienen angebrachte „Fahrdraht" der elektrischen Straßenbahnen hat in der Regel ca. 500 Volt.

SPANNUNGSZUSTAND

Verbindet man den Knopf eines Elektrometers *B* (Abb. 12) durch einen Draht mit einem Punkte *a* eines geladenen leitenden Körpers, sog. Konduktors *A*, so teilt sich der Zustand des letzteren dem Elektrometer mit,

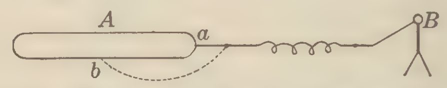


Abb. 12. Gleichheit des Potentials an verschiedenen Punkten eines Leiters

kann also auf diese Weise gemessen werden. Ist die Elektrizität auf dem Konduktor im Gleichgewicht, finden also elektrische Leitungsvorgänge auf ihm nicht mehr statt, so erhält man stets denselben Ausschlag der Blättchen, auch wenn man den Draht im Punkte *b* oder einem

beliebigen anderen Punkte endigen läßt. Der Körper *A* hat an allen Punkten denselben elektrischen Zustand. — Herrscht an zwei miteinander leitend verbundenen Punkten ein verschiedener elektrischer Zustand, so fließt Elektrizität von dem Punkte höheren nach dem Punkte 5 niederen elektrischen Zustandes. Wir können dies vergleichen mit dem Übergang der Wärme von einem Körper höherer Temperatur zu einem ihn berührenden Körper niederer Temperatur; nur vollzieht sich der elektrische Ausgleich viel schneller. Den elektrischen Zustand eines 10 Körpers nennen wir auch sein Potential.

ELEKTRIZITÄTSMENGE

Aus den obigen Beispielen können wir schließen, daß es für die Wirkungen der Elektrizität nicht nur auf das Potential eines Körpers ankommt; denn sonst würde ein geriebener Glasstab größere Wirkungen hervorzubringen 15 vermögen als der Fahrdraht der Straßenbahn. Wir werden später sehen, daß, ähnlich wie in der Wärmelehre außer der Temperatur auch die Wärmemenge betrachtet wird, hier außer dem elektrischen Zustand auch die Elektrizitätsmenge zu betrachten ist. 20

ELEKTROPHOR

Ein Beispiel der Anwendung der Gesetze der elektrischen Influenz bildet der zur Erzeugung größerer Elektrizitätsmengen dienende Elektrophor (Volta 1775). Er besteht aus einer einfachen Scheibe *A* (Abb. 13) von nicht leitender Masse, am besten aus einer Hartgummi- 25 platte, welche in einer leitenden Form *C* enthalten ist, oder auf einer leitenden, metallischen Unterlage ruht, und aus dem kreisförmigen, leitenden Deckel oder Schild

B, der mit einer isolierenden Handhabe von Glas oder Seidenschnüren versehen ist. Vor dem Gebrauch teilt man der Oberfläche der Harz- oder Kautschukscheibe durch Reiben mit Katzenfell negative Elektrizität mit. Setzt man dann den Deckel auf, so wird die neutrale Elektrizität desselben durch Influenz in $+E$ und $-E$ geschieden. Berührt man den Deckel, während er auf der Scheibe steht, ableitend mit dem Finger, so wird die abgestoßene (freie) $-E$ nach dem Erdboden abgeleitet, und die gebundene $+E$ bleibt allein auf der unteren Fläche des Deckels zurück. Hebt man diesen jetzt mittels der isolierenden Handhabe auf, so wird die gebundene $+E$ frei und kann in Form eines von Geräusch begleiteten, elektrischen Funkens von dem Deckel entfernt werden. Diesen Vorgang kann man beliebig oft wiederholen und so unbegrenzte Mengen von Influenzelektrizität erzeugen. Hebt man den auf den Elektrophor gesetzten Deckel wieder ab, ohne ihn vorher ableitend berührt zu haben, so erhält man keine Elektrizität, da sich die $+E$ und $-E$ bei der Entfernung vom verteilenden Harzkuchen wieder zu neutraler Elektrizität vereinigen.

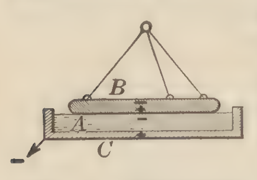


Abb. 13. Elektrophor

Die Eigenschaft des Elektrophors, den ihm einmal durch Reiben erteilten elektrischen Zustand längere Zeit hindurch zu bewahren, beruht wesentlich auf dem Einfluß der leitenden Form oder Unterlage, auf welcher durch Influenz $+E$ gebunden wird, während $-E$ nach der Erde abfließt. Die erstere bindet ihrerseits die $-E$ des Kuchens.

Man erkennt leicht, daß die bei dem Elektrophor stattfindende Erzeugung unbegrenzter Mengen von Elektrizität aus einem einmal durch Reibung erzeugten Quantum von Elektrizität keineswegs einen Widerspruch zum Energie-

gesetz bedeutet. Bei dem Abheben des positiven Deckels von dem negativen Kuchen ist nämlich eine Anziehung zu überwinden, folglich Arbeit zu leisten; der Elektrophor bildet den einfachsten Apparat zur Umwandlung mechanischer Energie in elektrische. In vollkommenerer 5
Weise leistet dasselbe die Influenzmaschine.

VERTEILUNG DER ELEKTRIZITÄT AUF DER OBERFLÄCHE

Die Erfahrung sowohl, wie die mathematische Physik lehren bezüglich der Verteilung der freien Elektrizität in einem elektrisierten Leiter, daß keine freie Elektrizität im Inneren des Leiters existiert, sondern daß sie sich nur 10
auf der Oberfläche desselben befindet, und daß in dem von dieser umschlossenen, inneren Raum keine elektrische Kraft ausgeübt wird.

Den experimentellen Nachweis für die Richtigkeit dieses Satzes hat Faraday gegeben. Er ließ sich ein isoliert auf- 15
gestelltes, mit leitender Oberfläche vollkommen bekleidetes Zimmer bauen und begab sich selbst, mit empfindlichen Elektroskopen ausgerüstet, in dasselbe hinein. Wie stark er es nun auch von außen mittels großer Elektrisiermaschinen elektrisieren ließ — es konnten außen lange 20
Funken aus den Wänden gezogen werden — im Inneren ließ sich keine Spur von Elektrizität nachweisen.

Eine gleichförmige Verteilung der Elektrizität findet nur auf einer vollkommenen Kugelfläche statt; im allgemeinen ist die Ladung ungleichförmig, je nach der 25
Gestalt des Leiters, an Stellen größter Krümmung am größten. Man nennt das Verhältnis der auf einem kleinen Flächenstück des Leiters enthaltenen Elektrizitätsmenge zur Größe dieses Flächenstücks die elektrische Dichtigkeit oder die Dicke der elektrischen Schicht an dieser 30
Stelle. An sehr stark gekrümmten Stellen der Oberfläche,

besonders also an Spitzen, ist die elektrische Dichtigkeit und also auch die elektrische Kraft sehr groß, so daß aus Spitzen leicht die Elektrizität die sie umgebende, isolierende Luftschicht durchbricht, d. h. ausströmt.

DICHTIGKEIT, SPITZENWIRKUNG

5 1) Auf der Oberfläche einer isolierten und völlig freistehenden, leitenden Kugel verteilt sich die Elektrizität mit gleichförmiger Dichtigkeit, d. h. so, daß auf jeder Flächeneinheit die gleiche Elektrizitätsmenge vorhanden ist. Auf Leitern von länglicher Gestalt sammelt sich die 10 Elektrizität infolge der gegenseitigen Abstoßung ihrer

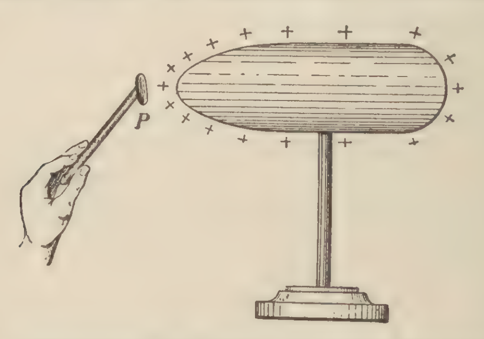


Abb. 14. Untersuchung der Dichtigkeit mittels Probescheibchens

Teile vorzugsweise an den Enden an, die Dichtigkeit der elektrischen Verteilung nimmt von der Mitte nach den Enden hin zu. Man kann dies nachweisen, indem man ein an einem isolierten Stiele befestigtes Probescheibchen 15 (Abb. 14) an die betreffende Stelle legt, isoliert abhebt und dann nach einem Elektroskop führt.

Die Dichtigkeit der Elektrizität ist am größten an hervorragenden Teilen des Leiters, also namentlich an schar-

fen Kanten, Ecken oder Spitzen. An diesen Stellen findet daher auch am leichtesten eine Ausströmung und Zerstreuung der Elektrizität in die umgebende Luft statt, und dieselben müssen bei Leitern, welche zur Ansammlung von Elektrizität dienen sollen, gänzlich vermieden werden. 5

2) Stellt man einem isolierten geladenen Körper einen ungeladenen, aber mit einer Spitze versehenen Körper gegenüber, so strömt die auf der Spitze durch Influenz gebildete ungleichnamige Elektrizität aus; der Körper behält also nur die gleichnamige Elektrizität. Hingegen 10 wird die auf dem ersteren Körper befindliche Elektrizität durch die aus der Spitze kommende ungleichnamige Elektrizität teilweise neutralisiert, so daß es den Anschein hat, als sei die auf diesem Körper ursprünglich vorhandene Ladung von der Spitze angesaugt worden. 15

DIE REIBUNGSELEKTRISIERMASCHINE

Sie besteht im wesentlichen aus drei Teilen: einem Isolator, welcher gerieben wird, einem Reibzeuge und einem Körper, welcher die erzeugte Elektrizität aufspeichert, dem sogenannten Konduktor. Das Reibzeug steht mit der Erde in leitender Verbindung, der geriebene 20 Körper dagegen ist isoliert.

Je nachdem der geriebene Körper eine Glasscheibe oder ein Glaszylinder ist, unterscheidet man Scheiben- oder Zylindermaschinen. Wir wollen eine einfache Maschine der ersten Art beschreiben (Abb. 15): Auf einem 25 soliden Tische erheben sich zwei Ständer, welche die durch die Kurbel M drehbare Achse A tragen, auf der die Glasscheibe P sitzt. Gegen sie drücken an beiden Seiten mittels elastischer Federn die Reibzeuge KK'; dies sind zwei auf Holzbrettchen angebrachte Lederkissen, welche auf 30 ihren inneren Seiten mit Amalgam bestrichen sind. Von

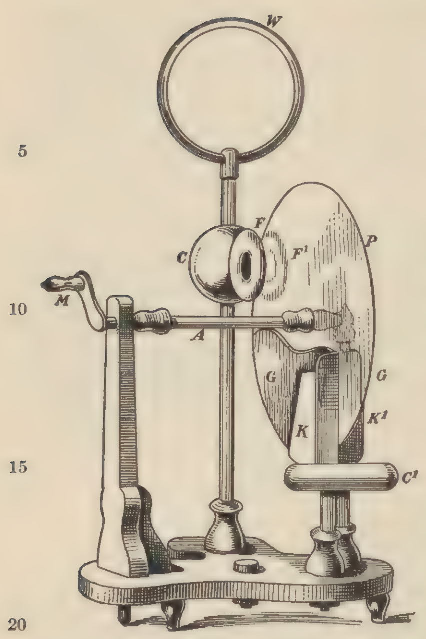


Abb. 15. Scheibenelektrisiermaschine

den Reibzeugen gehen Flügel *GG* von Seide oder Wachstaft aus, welche bei der Drehung der Scheibe sich an diese anlegen und das Ausströmen der positiven Elektrizität des Glases in die Luft und das Zurückschlagen derselben zum Reibzeug verhindern.

Auf der Grundplatte ruht der isolierte, aus einer hohlen Metallkugel bestehende Konduktor *C*, welcher mit den beiden Zuleitern *FF′* verbunden ist. Dies sind zwei Holzringe, welche auf den der Scheibe zugewandten Seiten mit feinen Spitzen versehen sind, welche die positive Elektrizität der Scheibe aufsaugen und zu dem mit ihnen leitend verbundenen Konduktor *C* führen. Auf den Konduktor *C* kann behufs Erzielung größerer Funken noch der sogeannte Wintersche Ring aufgesetzt werden. Das Reibzeug und der mit ihm leitend verbundene Konduktor *C′* werden durch eine metallische Leitung zur Erde abgeleitet. Das Spiel der Maschine ist nun folgendes:

Wird die Glasscheibe in Umdrehung versetzt, so wird sie durch Reibung an dem amalgamierten Reibzeug mit positiver, das Reibzeug mit negativer Elektrizität geladen; letztere fließt zur Erde ab. Die positive Elektrizität der

rotierenden Glasscheibe wirkt influenzierend auf die Spitzen der Zuleiter. Aus diesen strömt die erregte negative Elektrizität auf die Glasscheibe über und neutralisiert die dort eben entwickelte positive Elektrizität, während die frei werdende positive Elektrizität der Zuleiter sich 5 auf den Konduktor C verbreitet. Dieser wird also mit positiver Elektrizität geladen, und zwar um so stärker, je länger die Glasscheibe gedreht wird. Isoliert man den mit dem Reibzeug leitend verbundenen Konduktor C', anstatt ihn zur Erde abzuleiten, während man den Konduk- 10 tor C zur Erde ableitet, so kann man auf C' die negative Elektrizität des Reibzeugs ansammeln. Die Elektrisiermaschine bietet also ein einfaches und bequemes Mittel, um positive oder negative Elektrizität in beliebiger Menge zu entwickeln und anzusammeln. 15

Die Ladungsfähigkeit eines Konduktors hängt von der Größe seiner Oberfläche ab. Von einem stark geladenen Konduktor entweicht die Elektrizität allmählich in die Luft, welche ja niemals absolut trocken ist, oder sie springt mit Blitz und Knall selbst auf weit entfernte gute 20 Leiter über. Großen Maschinen können leicht Funken entlockt werden, welche recht empfindlich und nicht unbedenklich auf den menschlichen Organismus wirken. Man darf sich daher dem stark geladenen Konduktor, um sich vor seinen Schlägen zu hüten, nicht zu sehr nähern. 25 Wenn man aber vor dem Beginn des Ladens den Konduktor oder einen von ihm ausgehenden Draht berührt und sich auf eine isolierende Unterlage stellt, dann wird beim Drehen der Maschine der menschliche Körper ebenso gut wie der Konduktor geladen; er gibt Funken, wo man 30 ihn berührt; sein Kopf zeigt, wenn man den Raum verdunkelt, eine Art Licht oder Glorienschein, die Haare sträuben sich empor, denn sie werden mit positiver Elektrizität geladen, und fahren, indem sie sich gegenseitig

abstoßen, auseinander, wie die Goldblättchen am Elektroskop. Übrigens kann die Entladung eines Konduktors auch geräuschlos, ohne Funken und Knall, vor sich gehen, nämlich wenn man ihm einen Ableiter entgegenhält, der in
5 eine oder mehrere feine Spitzen endigt. Bei feuchter Luft funktioniert die Elektrisiermaschine unsicher und schwach; schon die Gegenwart mehrerer Menschen in einem geschlossenen Raume wirkt ungünstig durch die Feuchtigkeit, welche der Atem der Luft beimengt.

DIE LEYDENER FLASCHE

10 Die Leydener Flasche dient zur Ansammlung größerer Elektrizitätsmengen. Sie besteht aus einem zylindrischen Glasgefäß (Abb. 16), welches auf der inneren und äußeren Seite mit leitenden Stanniolbelegungen versehen ist, so daß
15 nur ein hinreichender Rand frei bleibt, um die Vereinigung der auf der inneren und äußeren Belegung angesammelten, entgegengesetzten Elektrizitäten zu verhindern. Zur besseren Isolierung wird
20 der Rand gefirnißt. Das Glas ist mit einem gefirnißten Papp- oder Holzdeckel verschlossen, durch welchen ein starker Messingdraht hindurchgeht, dessen unteres Ende mit der inneren Stanniolbelegung in leitender
25 Verbindung steht, während das obere Ende einen kugelförmigen Knopf trägt. Die Flasche wird geladen, indem man die innere Belegung mit dem Konduktor einer Elektrisiermaschine und gleichzeitig die äußere Belegung mit dem Erdboden in leitende Verbindung setzt. Wird der
30 inneren Belegung vom Konduktor aus $+E$ zugeführt, so wirkt diese verteilend auf die neutrale Elektrizität der

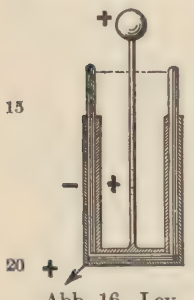


Abb. 16. Leydener Flasche

äußeren Belegung. Infolgedessen wird auf dieser $-E$ angesammelt und gebunden, während die abgestoßene $+E$ nach dem Erdboden entweicht. Die auf der äußeren Belegung angesammelte $-E$ wirkt ihrerseits anziehend und bindend auf die $+E$ der inneren Belegung, und dadurch wird der elektrische Zustand der Belegung erniedrigt.

Quantitativ kann man dies in folgender Weise zeigen: Es werde, während die äußere Belegung isoliert ist, die innere auf ein hohes Potential, etwa 4000 Volt, geladen. Berührt man die äußere Belegung mit dem Finger, bringt sie also auf den elektrischen Zustand Null, so sinkt auch das Potential der inneren Belegung sehr stark, obwohl die auf ihr befindliche Elektrizitätsmenge dieselbe geblieben ist. Das Potential eines Körpers hängt also nicht nur von der auf ihm selbst befindlichen Ladung ab, sondern es wird z. B. im vorliegenden Falle das Bestreben der $+E$, abzufließen, durch die Nachbarschaft der durch Influenz erzeugten $-E$ verringert.

Man kann somit bei gegebener elektromotorischer Kraft der Elektrisiermaschine eine bedeutend größere Elektrizitätsmenge auf die innere Belegung bringen, und zwar desto mehr, je dünner die Glasschicht ist; bei Anwendung hinlänglich dünnen Glases kann man leicht den hundertfachen Betrag der Ladung erreichen, welche eine einfache Belegung aufnehmen würde.

ELEKTRIZITÄTSMENGE, COULOMBS GESETZ

Wenn man eine große, isoliert aufgestellte Metallkugel mittels eines geriebenen Glasstabs auf einen gewissen elektrischen Zustand, z. B. 5000 Volt, bringen will, so muß man den Stab öfter reiben, als wenn man denselben Zustand bei einer kleineren Kugel hervorrufen will. Wir

sagen deshalb, daß die große Kugel eine größere Elektrizitätsmenge enthält als die kleine; dies zeigt auch der kräftigere Funke, welcher entsteht, wenn man der großen Kugel einen mit der Erde in Verbindung stehenden Leiter
5 nähert.

Coulomb fand, daß eine genaue Beurteilung der auf einem Körper befindlichen Elektrizitätsmenge möglich wird durch die Abstoßung oder Anziehung, welche er auf gleichnamige bezw. ungleichnamige Elektrizität ausübt.
10 Diese Kraft steht nämlich im Verhältnis zu der einwirkenden Elektrizitätsmenge. Sie steht andererseits auch im Verhältnis zu der angezogenen bezw. abgestoßenen Elektrizitätsmenge. Drittens hängt die Kraft von der Entfernung der aufeinander wirkenden elektrischen Kör-
15 per ab, und zwar sinkt sie bei Verdoppelung der Entfernung auf den vierten Teil, bei dreifacher Entfernung auf den neunten usw. Sie ist also dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportional.

Dieses Gesetz fassen wir zusammen in die Formel

20 $$k = \frac{m \cdot m'}{r^2},$$

wo m und m' die aufeinander wirkenden Elektrizitätsmengen, r die Entfernung derselben und k die sich ergebende Kraft bedeutet.

Die Messungen, auf Grund deren Coulomb dieses Ge-
25 setz aufstellte, können wir hier nicht genauer besprechen; eine ungefähre Vorstellung von ihnen gewinnt man durch Betrachtung des dazu dienenden Apparates, der Coulombschen Drehwage (Abb. 17). An einem Draht AB hängt der leichte Hebel CD, der bei C eine Metallkugel trägt. Die-
30 ser steht die feste Kugel F gegenüber, welche mittels des Drahtes EF geladen werden kann. Man kann nun den beiden Kugeln bei verschiedenen Versuchen verschiedene

Ladungen erteilen; die dadurch bewirkte Ablenkung des Hebels *CD* gibt ein Maß für die Kraft. Um den Hebel auch unabhängig von dieser Kraft in eine beliebige Lage bringen zu können, ist der Draht bei *A* so aufgehängt, daß sein oberes Ende ebenfalls um die Achse des Instrumentes gedreht und der Drehungswinkel an einem Zeiger *AG* abgelesen werden kann.

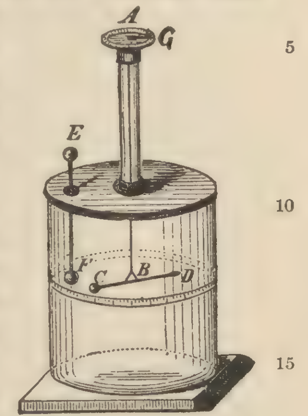


Abb. 17. Coulombsche Drehwage

Als Einheit der Elektrizitätsmenge ist in dem obigen Gesetz diejenige Menge vorausgesetzt, die auf eine andere gleich große, in der Entfernung 1 cm befindliche eine Kraft von einer Dyne ausübt.

In der Praxis benutzt man als Einheit der Elektrizitätsmenge nicht die oben definierte, unbequem kleine Größe, sondern eine Elektrizitätsmenge, welche $3 \cdot 10^9$ mal größer ist und das „Coulomb“ genannt wird. Könnte man zwei Kugeln mit je 1 Coulomb laden und in 1 m Abstand aufstellen, so würde sich eine Abstoßung von etwa $9 \cdot 10^{14}$ Dynen ergeben, also eine Kraft, welche annähernd dem Gewichte von $9 \cdot 10^8$ kg entspricht.

BEZIEHUNG ZWISCHEN LADUNG UND POTENTIAL, KONDENSATOR

1) Berührt man eine Kugel, die man auf ein bestimmtes Potential, z. B. auf 3000 Volt, geladen hat, mit einer anderen gleich großen Kugel, so gibt sie dieser die Hälfte ihrer Elektrizitätsmenge ab; eine Messung zeigt, daß sie nunmehr auch nur ein Potential von der halben Höhe, also

von 1500 Volt besitzt. Zu weiteren Versuchen verbinden wir das Elektrometer mit einem isolierten Hohlkörper, z. B. einem metallenen Becher, dessen Innenwand wir wiederholt mit einer auf einen bestimmten Zustand geladenen 5 Probekugel berühren. Um der letzteren hierbei jedesmal dieselbe Ladung zu verleihen, berühren wir sie mit dem Knopfe einer geladenen Leydener Flasche, die so groß ist, daß sie hierdurch keine wesentliche Erniedrigung ihres Zustandes erfährt. Da die Ladungen der Probekugel je- 10 desmal vollständig auf den mit dem Elektrometer verbundenen Hohlkörper übergehen, können wir nunmehr beobachten, welches Potential durch Elektrizitätsmengen hervorgerufen wird, die im Verhältnis 1:2:3 usw. stehen. — Es zeigt sich, daß das Potential eines Körpers der auf 15 ihm befindlichen Elektrizitätsmenge proportional ist.

2) Bringt man auf zwei Körper eine gleiche Elektrizitätsmenge, so nehmen sie im allgemeinen einen verschiedenen Zustand an, eine große Kugel z. B. einen niedrigeren als eine kleine. Man sagt dann, daß die große Kugel 20 ein größeres elektrisches Fassungsvermögen (Kapazität) besitze als die kleine.

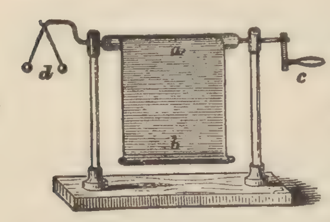


Abb. 18. Elektrisches Rouleau

Die Kapazität hängt von der Größe, aber auch von der Gestalt der Oberfläche 25 eines Körpers ab. Elektrisiert man ein Stück Metallpapier *ab* (Abb. 18), welches mittels der Kurbel *c* auf eine kleine Walze aufgewunden 30 werden kann und mit den elektrischen Pendeln *d* in leitender Verbindung steht, so nimmt die Divergenz der Pendel (wiederholt) beim Aufwinden dieses von Magnus hergestellten elektrischen Rouleaus zu, beim Herablassen ab, weil sich die Ober-

fläche und damit die Kapazität verringert bezw. vergrößert, während die Elektrizitätsmenge unverändert bleibt.

Größer als die Kapazität einer isolierten Metallkugel ist die einer Leydener Flasche. Derartige auf der Influenz beruhende Ansammlungsapparate pflegt man Kondensatoren zu nennen.

Im besonderen gebraucht man diese Bezeichnung für eine Vorrichtung, welche aus zahlreichen Stanniolblättern besteht, die durch zwischengelegte Glimmerplatten oder Blätter paraffinierten Papiers voneinander getrennt werden. Das erste, dritte usw. Blatt werden miteinander verbunden und bilden die eine, etwa die positive Belegung, die geradzahligen Blätter die negative. — Eine wichtige Anwendung finden die Kondensatoren bei dem Rühmkorffschen Funkeninduktor.

3) Von besonderer Wichtigkeit ist der trennbare Kondensator. Abb. 19 zeigt eine Form desselben, bei welcher die eine der beiden als Belegung dienenden Metallplatten *A* unmittelbar auf dem Elektroskop sitzt, während die zweite *B* mit Hilfe eines Glasstiels aufgelegt werden kann. Zur Trennung dient entweder eine zwischengeschobene Platte aus Glimmer oder dergl., oder es werden die Platten selbst mit einer dünnen Firnisschicht überzogen. In beiden Fällen ist die Zwischenschicht sehr dünn und darum die Kapazität beträchtlich.

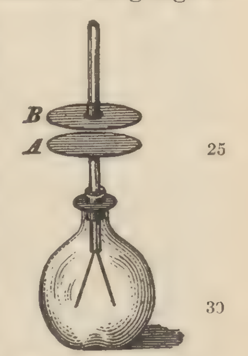


Abb. 19. Elektroskop mit Kondensator

Es sei nun die obere Platte zur Erde abgeleitet, die untere mit einer Elektrizitätsquelle von geringer Spannung verbunden. Es wird dann eine immerhin beträchtliche Elektrizitätsmenge auf der unteren Platte angehäuft sein. Ent-

fernt man nunmehr die Elektrizitätsquelle und hebt darauf die obere Platte ab, so steigt das Potential auf der unteren in demselben Maße, wie die Kapazität sich verringert. Man kann also auf diese Weise schwache Elek-
5 trizitätsquellen untersuchen.

2. Elektrische Entladung

DIE LICHTERSCHEINUNG BEI DER ELEKTRISCHEN ENTLADUNG

Die Lichterscheinung bei der elektrischen Entladung tritt hauptsächlich in zwei verschiedenen Formen auf, und zwar unterscheidet man 1) die Funkenentladung, 2) das Glimmlicht und die Büschelentladung.

10 1) Der elektrische Funke entsteht, wenn zwei entgegengesetzt elektrische Leiter ohne hervorragende Ecken und Spitzen einander bis auf eine hinreichend geringe Entfernung genähert werden. Ist einer von beiden Leitern vor der Annäherung unelektrisch, wie z. B. ein
15 mit dem Erdboden verbundener Leiter, welcher dem Konduktor einer Elektrisiermaschine genähert wird, so geht doch der Funkenentladung immer eine elektrische Influenz voraus, durch welche der Leiter die entgegengesetzte Elektrizität erhält. — Der Funke besteht in einer gewalt-
20 samen Durchbrechung der nichtleitenden Luft, welche der Vereinigung der Elektrizitäten ein Hindernis entgegensetzt. Er hat die vom Blitze her bekannte, in ihren Ursachen durchaus noch nicht aufgeklärte Zickzackform.

Je höher die Spannung, desto größer ist die Schlag-
25 weite des Funkens. Um einen frei überspringenden Funken zu erzeugen, sind immerhin einige hundert Volt Spannung nötig, zu einem Funken von 1 cm Länge über 20 000 Volt.

2) Die Büschelentladung und Glimmentladung finden statt, wenn bei großer Dichtigkeit der Elektrizität auf dem Konduktor kein Leiter in hinreichender Nähe steht, um einen Funken zu erzeugen. Die Elektrizität strömt dann in einem Büschel bläulicher oder rötlicher, divergierender Strahlen aus, und zwar mit einem eigentümlich zischenden Geräusch. Ein sehr dünner, mit dem Konduktor verbundener Metalldraht erscheint seiner ganzen Länge nach durch büschelförmige Strahlen leuchtend. Derartige Büschel treten besonders leicht auf bei positiver Ladung. Bei negativer Ladung zeigt sich, falls die Spannung nicht sehr hoch ist, an Spitzen usw. eine ruhiger stehende Leuchterscheinung, welche auch nicht von einem Geräusch begleitet ist (Glimmlicht).

DIE WIRKUNGEN DER ELEKTRISCHEN ENTLADUNG

Die mechanischen Wirkungen bestehen in der Durchbrechung von Isolatoren, wie Glas, Porzellan u. dergl. Man kann sie in der Weise zeigen, daß man eine Glasplatte auf eine zur Erde abgeleitete Metallplatte legt und auf die Oberseite eine mit dem Konduktor verbundene Spitze setzt (große Dichtigkeit); die letztere wird zur Vermeidung gleitender Funken vorteilhaft mit Stearin oder dergl. umgossen. Die Größe der erzielten Durchbohrung richtet sich nach der Elektrizitätsmenge.

Findet die Entladung in Form eines Funkens im Inneren einer Flüssigkeit statt, so werden die Teile der Flüssigkeit durch die plötzliche starke Erhitzung und Verdampfung so gewaltsam auseinander geschleudert, daß das Gefäß leicht zerbricht, namentlich wenn die Flüssigkeit in einer engen Röhre enthalten ist. Läßt man ein Papier- oder Kartenblatt vom Entladungsfunken durchschlagen, so zeigt die feine Öffnung auf beiden Seiten aufgeworfene

Ränder, so daß daraus nicht ersichtlich ist, in welcher Richtung die Durchbohrung stattgefunden hat. Stehen aber die beiden Drahtenden, zwischen denen der Funke übergeht, auf beiden Seiten des Papiers einander nicht genau gegenüber, so findet die Durchbohrung immer in der Nähe des mit der negativen Belegung verbundenen Drahtendes statt. Daß dies aber lediglich von der Beschaffenheit der Papieroberfläche und der durch dieselbe bedingten leichteren Ausbreitung der positiven Elektrizität herrührt, geht daraus hervor, daß z. B. bei Anwendung von Wachspapier die Durchbrechung in der Regel an dem positiven Drahtende stattfindet.

Wird eine hinreichend große Elektrizitätsmenge durch einen dünnen Metalldraht entladen, so bewirkt sie eine *Erwärmung* des Drahtes, welche sich bei sehr dünnen Drähten und großen Elektrizitätsmengen bis zum Glühen und Schmelzen steigern kann. Außerordentlich hoch ist die Temperatur des Funkens selbst, wie aus der durch ihn bewirkten Verdampfung von Teilchen der Elektroden hervorgeht.

Die in dem Schließungsdraht entwickelte Wärme stellt eine Arbeit dar, welche ebenso groß ist wie diejenige, welche zur Ladung der Leydener Flasche diente und kann hiernach vorausberechnet werden.

Um Schießpulver durch den Funken der Batterie zu zünden, muß man die Entladung durch Einschaltung einer nassen Hanfschnur in den metallischen Schließungsbogen verzögern, weil sonst die Pulverteile gewaltsam auseinander geschleudert, aber nicht entzündet werden. Diese Zündwirkung, welche noch leichter bei Anwendung gewisser Zündsätze statt des Schießpulvers erfolgt, wurde früher zur Minenzündung benutzt; gegenwärtig wendet man zu diesem Zwecke den elektrischen Strom an.

Die Wirkung der Entladung auf den mensch-

lichen und tierischen Körper richtet sich in ihrer Stärke nach der zur Entladung gelangenden Elektrizitätsmenge, in ihrer Qualität aber nach dem von ihr betroffenen Körperteil. Insbesondere wird jedes Sinnesorgan durch sie in seiner eigentümlichen Weise erregt, indem sich die 5 Wirkung als Nervenreizung äußert. Ein mäßiger, durch beide Hände und Arme geleiteter Entladungsschlag bewirkt eine eigentümliche, unangenehme Empfindung in den Handgelenken und bei stärkerer Ladung auch in den Ellenbogengelenken. Der Entladungsschlag kann sich 10 durch eine lange Reihe von Personen fortpflanzen. — Durch Reizung der Bewegungsnerven werden krampfhafte Zuckungen der entsprechenden Muskeln veranlaßt, und wenn insbesondere die Zentralorgane des Nervensystems, Gehirn und Rückenmark, von einer starken 15 Entladung getroffen werden, so kann Betäubung und Tod durch Nervenlähmung eintreten. Die Betäubung kann durch „künstliche Atmung" gehoben werden; erfolglos bleiben Wiederbelebungsversuche, wenn bei Entladung großer Elektrizitätsmengen aus Hochspannungs- 20 leitungen schwere innere Verbrennungen stattgefunden haben.

DAUER DES FUNKENS, FORTPFLANZUNGSGESCHWINDIGKEIT IN DRÄHTEN

Die Dauer des Entladungsfunkens einer Batterie ist so gering, daß sie durch die gewöhnlichen Hilfsmittel der Zeitmessung weder gemessen, noch überhaupt wahrge- 25 nommen werden kann. Selbst ein in ziemlich schneller Bewegung begriffener Körper scheint bei Beleuchtung durch den elektrischen Funken zu ruhen.

Wheatstone (1834) war der erste, der den elektrischen Funken in einem sich sehr schnell drehenden Spiegel be- 30 obachtete. Bei dieser Untersuchungsmethode zeigt sich

das Spiegelbild des Funkens verlängert. Der Spiegel hat sich also während der Dauer des Funkens um einen, wenn auch nur kleinen Betrag, weiter gedreht. Aus der Länge des Funkenbildes und der Umdrehungsgeschwindigkeit 5 des Spiegels (800 Drehungen in der Sekunde) konnte Wheatstone bei seinen Versuchen auf eine Dauer des Funkens von $\frac{1}{24\,000}$ Sekunde schließen.

Wheatstone versuchte ferner die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Elektrizität in Drähten zu ermitteln. 10 Er kam dabei zu Ergebnissen, welche zwar durch neuere Messungen und theoretische Überlegungen nicht genau bestätigt worden sind, jedenfalls aber zeigen, daß es sich hierbei um eine Geschwindigkeit von der Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit, also rund 300 000 km handelt. 15 Neuere Beobachtungen, z. B. diejenigen von Fizeau und Gounelle (1850), ergaben 96 000 km; W. Siemens fand (1845) 200 000–260 000 km. Die Verschiedenheit dieser Werte zeigt, daß von einer bestimmten Fortpflanzungsgeschwindigkeit der elektrischen Wirkungen in 20 Drähten überhaupt nicht die Rede sein kann, daß vielmehr diese Geschwindigkeit von den Umständen des Versuchs abhängt. Als obere Grenze ist die Lichtgeschwindigkeit anzusehen.

ELEKTRISCHE SCHWINGUNGEN

Feddersen (1858), der die Versuche Wheatstones nach 25 einer anderen Richtung fortsetzte, fand, daß sich unter gewissen Umständen das Funkenbild in eine Reihe von Einzelfunken auflöst, wie dies Abb. 20 anzudeuten sucht, und zwar erkennt man, daß hierbei die Richtung der Entladung einem fortwährenden Wechsel unterworfen, die 30 Entladung oszillierend ist.

Der Verlauf einer solchen elektrischen Schwingung ist demjenigen von Wasserschwingungen in einem weiten *U*-förmigen Rohre ähnlich. Es seien z. B. mit der inneren und äußeren Belegung einer Leydener Flasche *F* (Abb. 21) zwei Kugeln *A* und *B* verbunden, und zugleich möge 5 durch zwei zur Elektrisiermaschine führende Drähte die

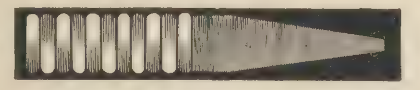


Abb. 20. Oszillierende Entladung

innere Belegung positiv, die äußere negativ geladen werden. Wenn infolge der sich allmählich steigernden Spannung bei *AB* ein Funke überspringt, so werden nach einer gewissen Dauer des durch den Entladungsdraht und den 10 Funken fließenden Entladungsstromes beide Belegungen unelektrisch sein. In diesem Augenblick hört aber der

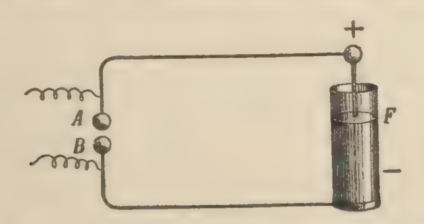


Abb. 21. Erregung elektrischer Schwingungen

Entladungsstrom nicht auf zu fließen, sondern infolge eines scheinbaren Beharrungsvermögens, welches hier nicht erklärt werden kann, fließt er noch weiter in der- 15 selben Richtung (Extrastrom). Dadurch wird die äußere Belegung positiv, die innere negativ geladen, und zwar so lange, bis die hierdurch hervorgerufene Spannung die Elektrizitätsbewegung zum Stillstande und zur Umkehr

zwingt. Nun wiederholt sich dasselbe Spiel in umgekehrter Richtung usw. — Bei sehr großem Widerstande, z. B. Einschaltung einer nassen Schnur in die Entladungsbahn, geht die oszillierende Entladung in eine einfache 5 über. Man vergleiche den Zustand der Leydener Flasche mit demjenigen von zwei durch ein Rohr verbundenen Ballons, deren einer verdichtete Luft enthält, während der zweite luftleer ist; ein Hahn in dem Verbindungsrohre werde mehr oder weniger geöffnet.

10 Auf diesen elektrischen Schwingungen beruht die Telegraphie ohne Draht.

DRITTER TEIL — DIE TECHNOLOGIE

A. DIE BEDEUTUNG DER CHEMIE

Justus von Liebig

Keine unter allen Wissenschaften bietet dem Menschen eine größere Fülle von Gegenständen des Denkens dar als wie die Chemie.

Die Chemie führt den Menschen ein in das Reich der stillen Kräfte, durch deren Macht alles Entstehen und Vergehen auf der Erde bedingt ist. 5

Die Quelle aller Wissenschaft ist die Erfahrung; man hat die Dauer des Jahres bestimmt, den Wechsel der Jahreszeiten erklärt, Mondfinsternisse berechnet, ohne die Gesetze der Schwere zu kennen; man hat Mühlen 10 gebaut und Pumpen gehabt und den Druck der Luft nicht gekannt; man hat Glas und Porzellan gemacht, man hat gefärbt und Metalle geschieden, alles durch bloße Experimentierkunst, ohne also durch richtige wissenschaftliche Grundsätze geleitet zu sein. 15

Wie ganz anders stellen sich jetzt aber die Entdeckungen des Naturforschers dar, seitdem der geistige Hauch einer wahren Philosophie, nennen wir sie Physik, Chemie, Mathematik, oder wie wir sonst wollen, ihn dahin geführt hat, die Erscheinungen zu studieren, um zu Schlüssen auf 20 ihre Ursachen und Gesetze zu gelangen.

Von einem einzelnen erhabenen Genius, von Newton, ist mehr Licht ausgegangen, als ein Jahrtausend vor ihm hervorzubringen vermochte. Die richtige Ansicht von der Bewegung der Himmelskörper, des Falls der Körper, 25 ist die Mutter von zahllosen anderen Entdeckungen ge-

worden; die Schiffahrt, der Handel, die Industrie, jeder einzelne Mensch zieht, solange Menschen existieren, geistige und materielle Vorteile aus seinen Entdeckungen.

Wie ein Samenkorn von einer gereiften Frucht, trennte 5 sich vor siebzig Jahren die Chemie als selbständige Wissenschaft von der Physik; mit Black, Cavendish, Priestley fängt ihre neue Zeitrechnung an. Die Medizin, die Pharmazie, die Technik hatten den Boden vorbereitet, auf welchem das Samenkorn sich entwickeln, auf welchem es 10 gedeihen sollte.

Ihre Grundlage ist, wie man weiß, eine dem Anschein nach sehr einfache Ansicht über die Verbrennung. Wir wissen jetzt, was sich daraus entwickelt, welche Wohltaten, welchen Segen sie verbreitet hat. Seit der Ent- 15 deckung des Sauerstoffs hat die zivilisierte Welt eine Umwälzung in Sitten und Gewohnheiten erfahren. Die Kenntnis der Zusammensetzung der Atmosphäre, der festen Erdrinde, des Wassers, ihr Einfluß auf das Leben der Pflanzen und Tiere, knüpfen sich an diese Entdek- 20 kung. Der vorteilhafte Betrieb zahlloser Fabriken und Gewerbe, die Gewinnung von Metallen steht damit in der engsten Verbindung. Man kann sagen, daß der materielle Wohlstand der Staaten um das Mehrfache dadurch seit dieser Zeit erhöht worden ist, daß das Ver- 25 mögen eines jeden Einzelnen damit zugenommen hat.

Eine jede einzelne Entdeckung in der Chemie hat ähnliche Wirkungen in ihrem Gefolge, eine jede Anwendung ihrer Gesetze ist fähig, nach irgend einer Richtung hin dem Staate Nutzen zu bringen, seine Kraft, seine Wohl- 30 fahrt zu erhöhen.

Die Chemie verfährt in der Beantwortung ihrer Fragen in derselben Weise, wie die Experimentalphysik. Sie lehrt die Mittel kennen, welche zur Kenntnis der mannigfaltigen Körper führen, woraus die feste Erdrinde

besteht, welche Bestandteile des tierischen und vegetabilischen Organismus bilden.

Wir studieren die Eigenschaften der Körper, die Veränderungen die sie in Berührung mit anderen erleiden. Alle Beobachtungen zusammengenommen bilden eine Sprache; jede Eigenschaft, jede Veränderung, die wir an den Körpern wahrnehmen, ist ein Wort in dieser Sprache.

Die Körper zeigen in ihrem Verhalten gewisse Beziehungen zu anderen, sie sind ihnen ähnlich in der Form, in gewissen Eigenschaften, oder weichen darin von ihnen ab. Diese Abweichungen sind eben so mannigfaltig, wie die Worte der reichsten Sprache; in ihrer Bedeutung, in ihren Beziehungen zu unsern Sinnen sind sie nicht minder verschieden.

Die Körper sind verschieden in ihrer Qualität; was ihre Eigenschaften uns sagen, ändert sich, je nachdem sie geordnet sind; wie in jeder anderen, haben wir in der eigentümlichen Sprache, mit der die Körper zu uns reden, Artikel, Fälle, alle Biegungen der Haupt- und Zeitwörter, wir haben eine Menge Synonymen. Dieselben Quantitäten der nämlichen Elemente bringen je nach ihrer Stellung ein Gift, ein Arzneimittel, ein Nahrungsmittel, einen flüchtigen oder einen feuerbeständigen Körper hervor.

Wir kennen die Bedeutung ihrer Eigenschaften, der Worte nämlich, in denen die Natur zu uns spricht, und benutzen das Alphabet, um zu lesen.

Ein Mann ist nach dem Genusse einer Speise mit allen Zeichen der Vergiftung gestorben; die Sprache der Erscheinungen, welche dem Chemiker geläufig ist, sagt ihm, der Mann sei an Arsenik oder an Sublimat gestorben.

Der Chemiker bringt ein Mineral durch seine Fragen zum Sprechen; es antwortet ihm, daß es Schwefel, Eisen, Chrom, Kieselerde, Tonerde, oder irgendeines der Worte

der chemischen Sprache der Erscheinungen, in gewisser Weise geordnet enthält. Dies ist die chemische Analyse.

Die Sprache der Erscheinungen leitet den Chemiker zu Kombinationen, aus denen unzählige nützliche Anwendungen sich ergeben; sie führen ihn zu Verbesserungen in Fabriken und Gewerben, in der Bereitung von Arzneien, in der Metallurgie. Er hat den Ultramarin entziffert, es handelt sich jetzt darum, das Wort durch eine Erscheinung wiederzugeben, den Ultramarin mit all seinen Eigenschaften wieder darzustellen. Dies ist die *angewandte Chemie*.

Kaum ist bis jetzt eine Anforderung der Gewerbe, der Industrie, der Physiologie durch die wissenschaftliche Chemie unbefriedigt geblieben. Eine jede Frage, scharf und bestimmt gestellt, ist bis jetzt gelöst worden, nur wenn der Fragende selbst nicht klar über den Gegenstand war, über den er Erläuterungen begehrte, blieb er ohne Antwort.

Die letzte und höchste Aufgabe der Chemie ist die Erforschung der Ursachen der Naturerscheinungen, ihres Wechsels, so wie der Faktoren, welche verschiedenartige Erscheinungen miteinander gemein haben; der Chemiker ermittelt die Gesetze, nach denen die Naturerscheinungen vor sich gehen, und er gelangt zuletzt, indem er alles durch die Sinne Wahrnehmbare und Erkannte zusammenfaßt, zu einem geistigen Ausdruck der Erscheinungen, zu einer Theorie.

Um aber in dem mit unbekannten Zeichen geschriebenen Buche lesen zu können, um es zu verstehen, um die Wahrheit einer Theorie klar einzusehen und die Erscheinungen, worauf sie gestützt, und die Kräfte, durch die sie hervorgebracht sind, unserm Willen untertan zu machen, muß man notwendig erst das Alphabet kennen lernen, man muß sich mit dem Gebrauch dieser Zeichen

bekannt machen, man muß sich Übung und Gewandtheit in ihrer Handhabung verschaffen, man muß die Regeln kennen lernen, welche der Kombination zugrunde liegen.

Ähnlich wie die höhere Mechanik, die Physik, eine große Geübtheit in der mathematischen Analyse voraus- 5 setzt, muß der Chemiker als Naturforscher sich die vertrauteste Bekanntschaft mit der chemischen Analyse erworben haben. Alle seine Schlüsse, seine Resultate drückt er durch Versuche, durch Erscheinungen aus.

Jeder Versuch ist ein Gedanke, der den Sinnen wahr- 10 nehmbar gemacht ist durch eine Erscheinung. Die Beweise für unsere Gedanken, für unsere Schlüsse, so wie ihre Widerlegungen, sind Versuche, sind Interpretationen von willkürlich hervorgerufenen Erscheinungen.

Es war eine Zeit, wo die Chemie, ähnlich wie die Astro- 15 nomie, die Physik und Mathematik, weiter nichts als eine durch Erfahrung ausgemittelte und in Regeln gebrachte Experimentierkunst war; seitdem man aber die Ursachen und Gesetze kennt, die diesen Regeln zugrunde liegen, hat die Experimentierkunst ihre Bedeutung ver- 20 loren.

Das mühsame, zeitraubende Erlernen von Handgriffen und Methoden, von Vorsichtsmaßregeln in den chemischen Gewerben, in der Industrie, der Pharmazie, die sonderbaren Attribute des Chemikers früherer Zeit, ihre 25 Öfen und Gefäße, sind zu Kuriositäten geworden; alles dies erlernt sich nicht mehr, sondern es versteht sich von selbst, da man die Ursachen kennt, die sie notwendig gemacht haben. Das Gelingen eines Versuchs, einer Operation, hängt weit weniger von der mechanischen Ge- 30 schicklichkeit, als von Kenntnissen ab; das Mißglücken beruht auf der mangelhaften Erkenntnis, das Entdecken auf Gewandtheit im Kombinieren und auf der Kraft, welche neue Gedanken schafft.

In den Vorlesungen lehren wir das Alphabet, in den Laboratorien den Gebrauch dieser Zeichen; der Schüler erwirbt sich darin Fertigkeit im Lesen der Sprache der Erscheinungen, er lernt die Regeln der Kombinationen, so wie Gewandtheit und die Gelegenheit, sie in Anwendung zu bringen.

Sobald sich diese Buchstaben und Zeichen zu einer geistigen Sprache gestaltet haben, so verliert und verwischt sich ihre Bedeutung nicht mehr. Mit ihrer Kenntnis ist er ausgerüstet, um unbekannte Länder zu erforschen, sich überall zu belehren und Entdeckungen zu machen, wo ihre Zeichen gelten; sie ist das Mittel zum Verständnis der Sitten, der Gewohnheiten, der Bedürfnisse, die in diesen Gegenden herrschen. Er kann zwar auch ohne die Kenntnis dieser Sprache die Grenzen dieser Länder überschreiten, allein er setzt sich zahllosen Mißverständnissen und Irrtümern aus. Er fordert Brot, und man gibt ihm einen Stein.

Ohne ein genaues Studium der Chemie und Physik, werden die Physiologie und Medizin in ihren wichtigsten Aufgaben, in der Erforschung der Gesetze des Lebens und der Beseitigung von anomalen Zuständen im Organismus, kein Licht erhalten. Ohne Kenntnis der chemischen Kräfte kann die Natur der Lebenskraft nicht ergründet werden; der wissenschaftliche Arzt wird dann erst von der Chemie Hilfe erwarten können, wenn er imstande sein wird, dem Chemiker regelrechte Fragen zu stellen.

Die Industrie hat aus der Kenntnis der Chemie unübersehbare Vorteile gezogen, die Mineralogie ist seit der Zeit, wo sie auf die Zusammensetzung der Mineralien und das Verhalten ihrer Bestandteile Rücksicht nahm, zu einer neuen Wissenschaft geworden; es ist unmöglich, Fortschritte in der Geologie zu erwarten, wenn nicht mehr

wie bisher, und zwar in gleicher Weise wie in der Mineralogie, die chemische Beschaffenheit und Zusammensetzung der Felsarten in Rechnung genommen wird. Die Chemie ist die Grundlage der Agrikultur; ohne die Bestandteile des Bodens, der Nahrungsmittel, der Gewächse zu kennen, kann an eine wissenschaftliche Begründung derselben nie gedacht werden. 5

Ohne Kenntnis der Chemie muß der Staatsmann dem eigentlichen Leben im Staate, seiner organischen Entwicklung und Vervollkommnung fremd bleiben; ohne sie kann sein Blick nicht geschärft, sein Geist nicht geweckt werden für das, was dem Lande und der menschlichen Gesellschaft wahrhaft nützlich oder schädlich ist; die höchsten materiellen Interessen, die gesteigerte und vorteilhaftere Hervorbringung von Nahrung für Menschen und Tiere, die Erhaltung und Wiederherstellung der Gesundheit, sie sind aufs engste geknüpft an die Verbreitung und das Studium der Naturwissenschaften, und insbesondere an das der Chemie; ohne die Kenntnis der Naturgesetze und der Naturerscheinungen scheitert der menschliche Geist in dem Versuche, sich eine Vorstellung über die Größe und unergründliche Weisheit des Schöpfers zu schaffen; denn alles, was die reichste Phantasie, die höchste Geistesbildung an Bildern nur zu ersinnen vermag, erscheint, gegen die Wirklichkeit gehalten, wie eine bunte, schillernde, inhaltslose Seifenblase. 10 15 20 25

In der Begründung von Schulen, in denen die Naturwissenschaften als Gegenstände des Unterrichts die erste Stelle einnehmen, hat sich das Bedürfnis der neueren Zeit schon praktisch betätigt, es wird sich aus ihnen eine kräftigere Generation entwickeln, kräftiger am Verstand und Geiste, fähig und empfänglich für alles, was wahrhaft groß und fruchtbringend ist. Durch sie werden die Hilfsmittel der Staaten zunehmen, in ihnen ihr Vermögen 30

und ihre Kraft wachsen, und wenn der Mensch im Drucke seiner Existenz erleichtert, von den Schwierigkeiten nicht mehr überwältigt wird, die irdischen Sorgen zu tragen und zu beseitigen, dann erst wird sich sein Sinn, reiner 5 und geläutert, dem Höheren und Höchsten zuwenden können.

B. DAS EISEN

1. Die Eisenerze

Die Erze dieses Metalls, welches nächst dem Aluminium das auf der Erde am weitesten verbreitete Metall ist, sind teils Sauerstoffverbindungen (Oxyde), teils 10 Schwefelverbindungen. Bezüglich der letzteren kann auf das verwiesen werden, was in dem Kapitel Schwefelsäure über das Vorkommen des Pyrits FeS_2 und seine Verarbeitung auf Schwefelsäure gesagt wurde. Aus dem beim Abrösten des Pyrits hinterbleibenden, zunächst von 15 seinem Gehalt am Kupfer bezw. Zink befreiten Eisenoxyd hat man nach Überwindung mancher Schwierigkeiten neuerdings Roheisen herzustellen gelernt. Immerhin sind als Rohstoffe für die Herstellung des Eisens ungleich wichtiger die oxydischen Eisenerze. Dahin gehören:

20 1) Der Roteisenstein, das wasserfreie Eisenoxyd Fe_2O_3, welcher in roten erdigen Massen in beträchtlichen Ablagerungen in Deutschland in den Flußgebieten der Dill, Lahn und Sieg vorkommt, aber auch aus Nordspanien und Nordafrika nach Deutschland importiert 25 wird.

2) Der Magneteisenstein, das Eisenoxydoxydul Fe_3O_4 mit dem prozentisch höchsten Metallgehalt aller Eisenerze, kommt in Deutschland nur sehr selten vor. Ungeheure Lager dieses auch in Deutschland viel verhüt-

teten Erzes finden sich dagegen im mittleren und nördlichen Schweden.

3) Der Brauneisenstein, das wasserhaltige Eisenoxyd, ist das verbreitetste, durch Verwitterung von Spateisenstein oder Pyrit entstandene oder aus Eisensalzlösungen 5 niedergeschlagene und dann meist sehr phosphorreiche Eisenerz; hierhin gehören die unerschöpflichen Minettelager von Lothringen und Luxemburg, sowie das Raseneisenerz. Diese früher wegen ihres Phosphorgehalts fast unbrauchbaren Erze sind durch das Thomasverfahren zu 10 ungeahnter Wichtigkeit gelangt.

4) Der Spateisenstein, das meist manganhaltige Eisenkarbonat $FeCO_3$, ist das charakteristische Erz des Siegerlands und Steiermarks. Um den Metallgehalt dieses Erzes zu erhöhen und dadurch an Transportkosten zu 15 sparen, pflegt man den Spateisenstein zu „rösten,“ d. h. in ähnlicher Weise wie den Kalkstein zu brennen. Dabei entweicht die Kohlensäure und es bildet sich unter Sauerstoffaufnahme Eisenoxydoxydul Fe_3O_4, welches also der Hauptbestandteil des gerösteten Spateisensteins ist. 20 Das Rösten bietet aber noch einen anderen Vorteil, indem nämlich auch das in dem Spateisenstein eingesprengte Schwefelkupfer großenteils abgeröstet und somit ein schwefelärmeres Roheisen erzielt wird, als es bei Verhüttung ungerösteten Spateisensteins fallen würde. 25

Neben diesen 4 Erzen gelangen zuweilen noch unreine Eisenerze zur Verhüttung. Im allgemeinen sind nur diejenigen Eisenerze schmelzwürdig, welche mindestens 30% Metall enthalten. Ausnahmsweise können Erze von 25% Eisen verhüttet werden, wenn sie viel Kalk enthalten; 30 in der Regel aber wird ein erheblich höherer Metallgehalt verlangt, sofern das Erz nicht in unmittelbarer Nähe des Hochofens billig gewonnen wird.

2. Die Roheisengewinnung im Hochofen

Die neben dem Eisenoxyd in den Erzen enthaltenen Nebenbestandteile müssen in eine leicht schmelzbare Schlacke übergeführt und außerdem muß das Eisenoxyd zu flüssigem Roheisen reduziert werden. Es bedarf daher einerseits entsprechender Zuschläge, um eine solche Schlacke zu erzeugen, andererseits geeigneter Brennstoffe, welche nicht nur die erforderliche hohe Temperatur erzeugen, sondern auch reduzierend wirken. Da die Eisenerze stets Kieselsäure und Tonerde enthalten, so ist zur Bildung einer leicht schmelzbaren Schlacke, sofern der Eintritt erheblicher Mengen Eisenoxydul in dieselbe vermieden werden soll, ein Zuschlag an Kalk erforderlich, denn wie aus der Besprechung der Silikate erinnerlich, sind die Kalktonerdesilikate leicht schmelzbar. Der Zusatz an Kalkstein sinkt, wenn kalkhaltige Erze verhüttet werden; er steigt, wenn die Erze kieselsäurereich sind oder wenn manganreichere Roheisensorten erblasen werden sollen; denn das Mangan verschlackt sich ausnehmend leicht. Die Brennmaterialien müssen dem Druck der im Hochofen auf ihnen lastenden Beschickung Widerstand leisten. Die früher allgemein benutzte Holzkohle wird nur noch in waldreichen Gegenden zur Herstellung von Qualitätseisen benutzt. Man verwendet auch nur ausnahmsweise in Schottland und Nordamerika harte Steinkohlen (in den Vereinigten Staaten Anthrazit) als Brennmaterial. In Deutschland werden, nachdem die Holzkohle nicht mehr in Betracht kommt, ausschließlich Koks verwendet. Um die Koks zu verbrennen, bedarf man ungeheurer Quantitäten von Luft, welche man im Interesse der Brennmaterialersparnis nicht kalt, sondern auf ca. 700–800° vorgewärmt in den Hochofen mit Hilfe von Gebläsemaschinen einbläst. Ein kleiner Hochofen,

welcher täglich 150 t Roheisen produziert (die neuesten Öfen produzieren wie bekannt ein weit größeres Quantum), verbraucht

135 t Koks,
310 t Möller (so bezeichnet man das Gemenge von Eisenerz und Kalkstein), 5
575 t Luft.

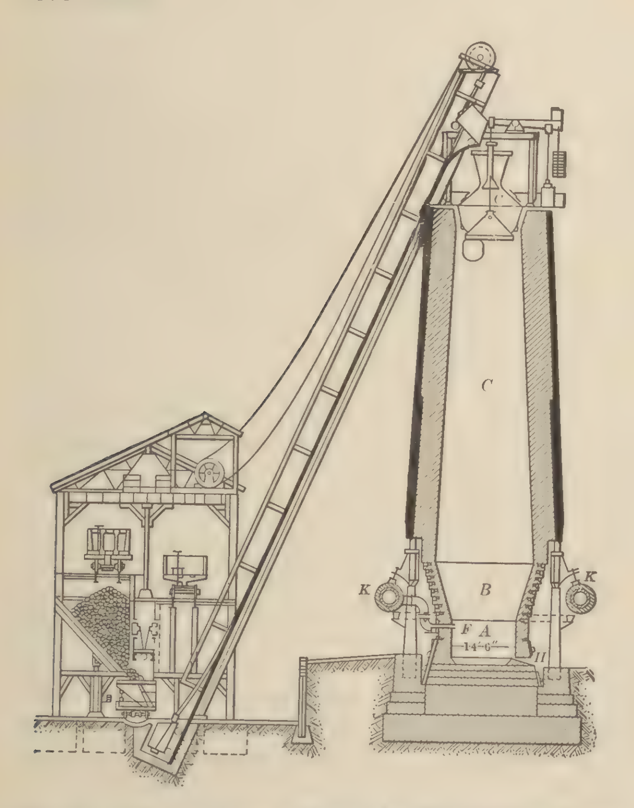


Abb. 22. Ein moderner amerikanischer Hochofen mit automatischem Beschickungsapparat.

Diese Menge Luft hat ein Volumen von 440 000 Kubikmetern. Dabei ist aber in diesem Beispiel ein sehr hoher Eisengehalt der Erze angenommen. Bei ärmeren Erzen würde die Erzeugung von 150 t Eisen nicht nur mehr
5 Erz und Kalk, sondern auch mehr Koks und Luft beanspruchen.

Der Eisenhochofen ist ein Schachtofen, in dessen unterstem zylindrischen als Gestell bezeichneten Teil (*A*) sich das flüssige Eisen ansammelt, bedeckt von der ebenfalls
10 flüssigen Hochofenschlacke, welche in dem Maße, wie sie sich bildet, ununterbrochen durch eine Öffnung abfließt. Oberhalb des Gestells befindet sich die Rast *B* und der Schacht *C*, dessen obere Öffnung als Gicht bezeichnet wird. Diese Gicht ist für gewöhnlich geschlossen, indem
15 die den Hochofen verlassenden brennbaren Gase durch eine weite Rohrleitung weggeleitet werden. Nur von Zeit zu Zeit wird die Gicht durch Heben oder Senken der Abschlußteile geöffnet, um zu chargieren. Dabei wird das eine Mal Möller, also Erze und Kalk, das nächste Mal
20 Koks eingefüllt. Es sinken also in dem Hochofen immer abwechselnde Schichten von Möller und Koks allmählich herunter und wir müssen uns klar machen, auf welche Weise aus diesen Materialien die Endprodukte, flüssiges Roheisen und flüssige Schlacke, entstehen.

25 Offenbar ist dazu in erster Linie eine sehr hohe Temperatur erforderlich und diese wird in dem oberen Teil des Gestells dadurch erzielt, daß hier Koks durch heiße Luft verbrannt werden. Die Luft wird durch gewaltige Gebläsemaschinen erst durch die sogenannten Winder-
30 hitzer getrieben und dann durch einen ringförmigen Kanal *K* in Düsen gepreßt, deren Öffnungen *F*, aus Bronze bestehend, in das Innere des Gestells hereinragen und durch Wasser, welches darin zirkuliert, kalt gehalten werden. Die Koks sind in solcher Menge vorhanden, daß

dieselben nicht zu Kohlensäure, sondern zu Kohlenoxyd verbrannt werden. Der Vorgang ist also folgender:

$$\underset{\text{Koks}}{2C} + \underset{\text{Sauerstoff}}{O_2} = \underset{\text{Kohlenoxyd.}}{2CO}$$

5

Dieses Kohlenoxydgas — gemengt mit dem Stickstoff der Luft — strömt also den allmählich im Hochofen heruntersinkenden Eisenerzen entgegen und wirkt in verschiedener Weise auf dieselben ein, je nach der Temperatur, welche in den einzelnen Teilen des Hochofens herrscht. Je tiefer 10 die Beschickung herabsinkt, um so heißer wird sie, und erreicht sehr bald eine Temperatur von 400°, bei welcher bereits das Kohlenoxyd reduzierend auf Eisenoxyd einwirkt; nach der Gleichung

$$3Fe_2O_3 + CO = 2Fe_3O_4 + CO_2 \quad (400°)$$ 15

wird dabei das Kohlenoxyd zu Kohlensäure verbrannt, das Eisenoxyd zu Eisenoxyduloxyd reduziert. Es ist nun wichtig zu bemerken, daß nicht alles Kohlenoxyd in dieser Weise zu Kohlensäure oxydiert wird. Vielmehr hört die Einwirkung von Kohlenoxyd auf Eisenoxyd auf, sobald 20 etwa $\frac{1}{3}$ des Kohlenoxyds in Kohlensäure umgewandelt ist. Mithin tritt aus der Gicht ein noch kohlenoxydhaltiges, also brennbares Gas aus, auf dessen Verwertung zurückzukommen sein wird.

Erreichen die Eisenerze die Zone, welche, die untere 25 Hälfte des Schachts und die obere Hälfte der Rast umfassend, eine Temperatur von 800–900° hat, so wirkt dabei das Kohlenoxyd energischer reduzierend, indem das Eisenoxydul zu metallischem Eisen reduziert wird.

$$Fe_3O_4 + 4CO = 4CO_2 + 3Fe \quad (800–900°).$$ 30

Man muß sich diesen Vorgang richtig vorstellen; bei 800–900° ist das Eisen nicht schmelzbar. Es bildet sich

also zunächst auf der Oberfläche der Eisenerzstücke schwammförmiges reines Eisen. Dieses reine Eisen schmilzt erst bei den höchsten im Hochofen gar nicht erreichten Temperaturen. Man würde daher das Eisen gar nicht so bequem im Hochofen schmelzen können, wenn nicht ein technisch ungemein wichtiger Vorgang im Hochofen stattfinden würde: Das metallische Eisen vermag Kohlenoxyd bei 800–900° unter Abscheidung von Kohle und Bildung von Kohlensäure zu zerlegen:

$$2CO = C + CO_2 \quad \text{(800–900° in Berührung mit Eisen).}$$

Das reduzierte Eisen überzieht sich also mit fein verteiltem Kohlenstoff. Nun ist aber kohlenstoffhaltiges Eisen schon wenig über 1000° schmelzbar, und bei weiterem Herabsinken der Beschickung schmilzt daher das kohlefreie Eisen mit dem Kohlenstoff zu kohlenstoffhaltigem Roheisen zusammen. Gleichzeitig wird bei der hohen in der heißesten Zone des Hochofens herrschenden Temperatur auch Silizium aus der Kieselsäure und Mangan aus den manganhaltigen Eisenerzen in direkter Berührung mit glühenden Koks reduziert und so Silizium und Mangan in das kohlenstoffhaltige Roheisen in kleineren oder größeren Mengen eingeführt; andererseits werden in dieser Zone die Tonerde, Kieselsäure u. dergl. enthaltende Beimengungen der Erze mit dem Kalk zu flüssiger Schlacke verschmolzen.

Der Hochofen liefert also 3 Produkte:

1) das brennbare Gichtgas,
2) die Hochofenschlacke,
3) das Roheisen.

Die rund 20% Kohlenoxyd enthaltenden Gichtgase verbrannten früher nutzlos beim Austritt aus dem Hochofen. Später hat man ihren Heizwert teils zur Heizung von Dampfkesseln, teils zur Vorwärmung der Gebläseluft

benutzt. Man verbrannte nämlich früher die Koks im Hochofen mit kalter Luft und hatte also viel mehr Koks nötig, um die erforderliche Hitze zu erzielen. Nunmehr preßt man heiße Luft in den Hochofen und erzielt damit eine erhebliche Ersparnis an Brennmaterial. Die Verwertung der Gichtgase beruht darauf, daß man dieselben in den sogenannten Winderhitzern verbrennt; in diesen Cowper-Apparaten, deren vier zu einem Hochofen gehören, wird das Gichtgas mit Luft in dem in der Zeichnung links sichtbaren zylindrischen Verbrennungsschacht verbrannt. Die Flamme fällt dann durch den rechts befindlichen, ein Gitterwerk aus feuerfesten Steinen vorstellenden Teil, gibt an diese ihre Hitze ab und geht von da unter die Dampfkessel und demnächst in den Schornstein. Nachdem auf diese Weise zwei Winderhitzer durch die verbrennenden Gichtgase auf ca. 800° erhitzt sind, läßt man die Verbrennung der Gichtgase in den beiden anderen Cowper-Apparaten vor sich gehen, preßt dagegen die dem Hochofen zuzuführende Luft durch die zwei erstgenannten heißen Apparate hindurch. Das feuerfeste Mauerwerk erwärmt die Luft auf etwa 700–800°, kühlt also allmählich ab und muß wieder von neuem erhitzt werden. Inzwischen haben aber die zwei letzten Apparate die nötige Hitze aufgespeichert, um ihrerseits zur Winderhitzung dienen zu können. Es werden also abwechselnd zwei Apparate durch verbrennendes Hochofengas erhitzt, zwei andere dienen zur Vorwärmung der Gebläseluft.

Die Menge der Hochofengase ist indes so groß, daß man sie nicht ausschließlich zur Winderhitzung verbraucht. Der überflüssige Teil kann unter Dampfkesseln verbrannt werden. Viel rationeller ist es aber, sofern 2 oder womöglich noch mehr Hochöfen nebeneinander stehen, die Gichtgase nach Entfernung des Flugstaubs in

Gasmotoren zu verbrennen. Die Einführung dieser Hochofengasmotoren, welche 1000 und mehr Pferdestärken liefern, ist der neueste große Fortschritt der Hoch-

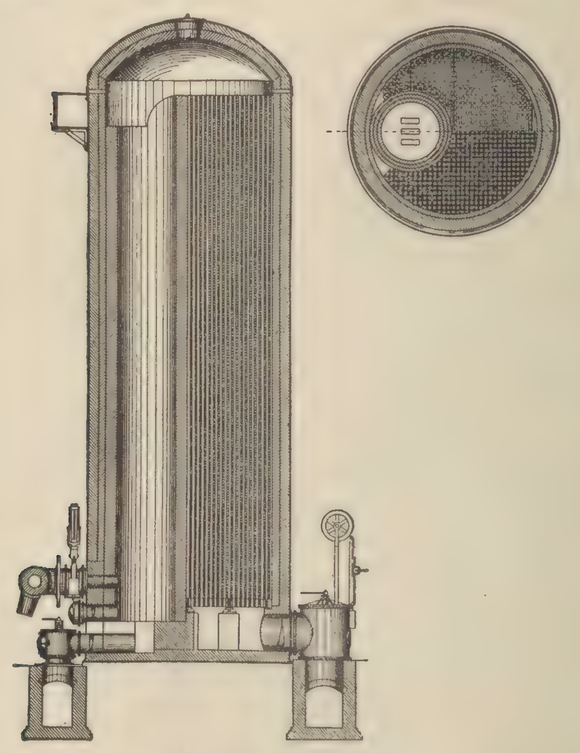


Abb. 23. Winderhitzer

ofenindustrie und wird in steigendem Umfange diesen
5 Werken und ihrer Umgebung billige motorische Kraft verschaffen.

Das flüssige Roheisen sammelt sich in dem unteren Teile des Gestells an und wird je nach der Größe des

Ofens etwa alle 3–6 Stunden „abgestochen," indem man die Öffnung *H* öffnet und nach erfolgtem Abstich wieder durch einen Tonpropf schließt. Für gewöhnlich fließt das Roheisen in Sandrinnen, in denen es zu den sogenannten Masseln erstarrt. Indes wird in vielen Fällen auch das flüssige Eisen unmittelbar zu Gußstücken vergossen oder direkt in Flußeisen umgewandelt.

Es wurde schon erwähnt, daß das Roheisen eine Legierung ist, welche stets Eisen und Kohlenstoff, meist aber auch Silizium und Mangan und in vielen Fällen außerdem Phosphor enthält. Es gibt also zahlreiche Sorten von Roheisen, und es ist für das Verständnis der Metallurgie des Eisens notwendig, die chemischen Unterschiede der typischen Roheisensorten zu kennen. Dazu ist in erster Linie zu bemerken, daß der Kohlenstoff im Roheisen in zwei Formen sich findet; er ist nämlich entweder ganz oder überwiegend beim Erstarren des Eisens in Form von — in Salzsäure unlöslichem — Graphit auskristallisiert; dann hat das Eisen einen grauen Bruch und ist relativ zäh und weich; es liegt graues Roheisen vor. Oder der Kohlenstoff ist nicht oder nur in sehr kleiner Menge als Graphit ausgeschieden, vielmehr ist er chemisch an Eisen oder an Mangan gebunden, das Eisen hat weißen Bruch, ist hart und äußerst spröd; es liegt weißes Roheisen vor. Wir müssen uns fragen, wie erklärt sich dieser Unterschied? Die Antwort lautet: das Mangan begünstigt chemische Bindung des Kohlenstoffs, das Silizium im Gegensatz bewirkt die Abscheidung von Kohlenstoff als Graphit. Daher enthalten hoch manganhaltige Roheisensorten am meisten Kohlenstoff und diesen fast ausschließlich chemisch gebunden. Siliziumreiche Eisensorten enthalten überhaupt wenig Kohlenstoff und diesen als Graphit. Die folgende Tabelle gibt eine lehrreiche Übersicht über diese Verhältnisse.

	Ferro-mangan	Spiegel-eisen	weißes Roheisen	graues Roheisen	Ferrosilizium
Mangan . .	40–80	5–20	0,2–3	0–1	wenig
Eisen	50–10	90–76	96–93	95–93	88 und weniger
C (chemisch gebunden)	5–7,5	ca. 5	2–4	0,5–0,7	—
C (Graphit) .	—	—	—	2–4	1,2–1,7
Silizium . .	wenig	wenig	0,3–0,9	0,5–2,8	10 und mehr
Phosphor . .	,,	,,	bis 3,0	bis 1,2	0,08–0,14
Schwefel . .	,,	,,	bis 0,15	bis 0,04	Spur

Man sieht deutlich, wie der zunehmende Siliziumgehalt durch Ausscheidung des Kohlenstoffs als Graphit den Charakter des Roheisens verändert.

Nur das graue Roheisen wird als solches verwertet: das zur Herstellung von Eisengußwaren dienende Gießereieisen ist graues Roheisen. Offenbar muß beim Umschmelzen desselben ein bestimmter Siliziumgehalt dem Eisen erhalten bleiben, und deshalb setzt man beim Umschmelzen des Gießereieisens im Kupolofen erforderlichenfalls Ferrosilizium zu oder man gattiert siliziumreicheres mit siliziumärmerem Roheisen.

Die übrigen Roheisensorten dienen zur Herstellung von Schweiß- oder Flußeisen, doch spielt dabei unter Umständen auch der bisher nicht berücksichtigte Phosphorgehalt des Eisens eine große Rolle. Man bezeichnet daher geradezu phosphorreiches, für die Flußeisenfabrikation bestimmtes Roheisen als Thomaseisen.

C. CHEMISCHE TECHNOLOGIE DES WASSERS

Das Wasser, dessen Beschaffung in ausreichender Menge und Güte die erste Grundbedingung für die Anlage nicht nur menschlicher Wohnstätten, sondern auch jeder industriellen Anlage bildet, befindet sich in der Natur in

einem ewigen Kreisprozeß. Die etwa ¾ der Erdoberfläche bedeckenden Ozeane und sonstigen Wasserflächen verdunsten fortgesetzt Wasser. Der auf diese Weise in die Atmosphäre gelangende Wasserdampf verdichtet sich bei sinkender Temperatur zu Wolken und gelangt in Form von Regen und Schnee, zum Teil auch als Tau und Reif zur Erdoberfläche zurück. Die Menge des an den einzelnen Orten fallenden Regens (der Schnee auf Regen umgerechnet) ist sehr verschieden und wechselt auch für denselben Ort in den einzelnen Jahren. Zum Beispiel hat Berlin 57, Klaustal im Harz 143 cm mittlere Regenhöhe, während diese in Deutschland durchschnittlich 67 cm beträgt. Das Regenwasser ist ein verhältnismäßig reines Wasser; immerhin enthält es regelmäßig kleine Mengen Ammoniak (infolge von Fäulnisvorgängen in die Atmosphäre gelangt) und Salpetersäure (zum Teil aus dem Sauerstoff und Stickstoff der Atmosphäre durch elektrische Vorgänge gebildet). Die Ausdünstungen der Steinkohlenfeuerungen beeinflussen die Zusammensetzung des Regenwassers, welches daher in der Nähe großer Städte ziemlich viel Schwefelsäure enthalten kann. Außerdem enthält das Regenwasser die normalen Bestandteile der Luft, darunter insbesondere Kohlensäure gelöst. Dieser Umstand erleichtert es dem Regenwasser beim Eindringen in den Erdboden gewisse Bestandteile desselben aufzulösen. Das Quellwasser enthält deshalb stets Bodenbestandteile in Lösung. Diese gelösten Stoffe sind nach Art und Menge sehr verschieden. Als besonders wichtig und regelmäßig vorkommend ist der Gehalt des Quellwassers an Kalk und Magnesia (gelöst als Bikarbonate), sowie an Kieselsäure zu erwähnen. Aber häufig enthält das Quellwasser auch Eisen (als Bikarbonat), und zwar in größeren Mengen vielfach dann, wenn das Wasser reich an freier Kohlensäure ist (Säuerlinge, natürliche Mineralwasser), welche

überhaupt das Wasser reicher an Mineralstoffen macht und es u. a. auch befähigt, aus alkalihaltigen Silikatgesteinen Natron, Kali oder Lithium aufzunehmen (alkalische Säuerlinge). Wo das Wasser mit Steinsalzlagern in
5 Berührung kommt, laugt es diese natürlich aus (Solen).

Zum Verständnis der bei der Wasserversorgung der Städte und industriellen Anlagen in Betracht kommenden Verhältnisse ist es notwendig, den Lauf des Regenwassers noch etwas genauer zu verfolgen. Dieses Wasser wird in
10 erster Linie von dem Erdboden aufgesaugt; insbesondere die Waldungen halten erhebliche Mengen Wasser fest und haben daher in der Wasserwirtschaft eines Landes eine ungemeine Bedeutung; in entwaldeten Gebieten ist die Gefahr von Überschwemmungen größer, der Wasser-
15 stand der Bäche und Flüsse im Hochsommer geringer als in waldreichen Gebieten. Von dem übrigen Wasser fließt ein Teil oberirdisch in den nächsten Bach, die Hauptmenge aber versickert im Erdboden bis eine wasserundurchlässige Tonschicht diesem Filtrationsprozeß ein
20 Ende macht. In einem Bach oder Flußtal sind diese Tonschichten gegen die Talsohle geneigt. Das sogenannte Grundwasser fließt also auf dieser Tonschicht abwärts und den Lauf des Flusses begleitet ein sogenannter Grundwasserstrom (vergl. das abgebildete Profil). Will man
25 einen Brunnen niederstoßen, so muß man stets bis zum Niveau dieses Grundwassers bohren. Tritt an irgendeiner Stelle der Grundwasserstrom zutage, so hat man eine Quelle.

Es soll nun zunächst die Wasserversorgung der Städte
30 besprochen werden, soweit dieselbe durch Wasserleitung erfolgt. Um ein genügendes Reservoir für die letztere zu besitzen, sammelt man entweder Quellwasser, wie dies im größten Umfang in manchen auch für Trinkwasserversorgung dienenden Talsperren geschieht, oder man pumpt

Grundwasser in einen Hochbehälter, von dem aus die Stadt versorgt wird; dies gilt z. B. auch für das in der Zeichnung angedeutete Wasserwerk, welches Grundwasser aus dem Diluvialkies, nicht Flußwasser pumpt. Sehr viel seltener pumpt man Flußwasser. Das Quell-



Abb. 24. Profil aus der Umgebung von Köln-Brühl am Vorgebirge zur Veranschaulichung des Grundwassers im Rheintal.

Die schwarze Linie deutet den Lauf des Grundwassers an. Im Rheintale müssen älterer Diluvialkies, Braunkohle und zum Teil liegender Ton als abgeschwemmt angesehen werden.

wasser ist meist sofort gebrauchsfähig. Höchstens muß es durch Filtrieren geklärt werden und das geschieht regelmäßig bei größeren Anlagen und bei Verwendung von Grundwasser. In größeren Wasserwerken filtriert man durch Kiesfilter, welche unten gröbere, oben immer feinkörniger werdende Kies- bezw. Sandschichten enthalten. Die im Wasser suspendierten Teile lagern sich auf der obersten Sandschicht ab, welche daher häufiger erneuert werden muß. In ähnlicher Weise wird auch in gewerblichen Anlagen das Gebrauchswasser filtriert und geklärt. Ist das zu filtrierende Wasser eisenhaltig, so muß es vor der Filtration „gelüftet" werden, zu welchem Zweck man z. B. das Wasser in dünner Schicht über Kaskaden zu den Filtern fließen läßt. Das als Ferrobikarbonat im Wasser gelöste Eisen wird durch den Sauerstoff

der Luft zu Ferrihydroxyd $Fe(OH)_3$ oxydiert, das sich als gelbbrauner Niederschlag ausscheidet.

Durch diese Operationen wird im allgemeinen ein brauchbares Trinkwasser erzielt, sofern das zu filtrierende
5 Wasser nicht zu viel Bakterien enthielt. Diese Mikroorganismen gehen durch frische Sandfilter hindurch. Erst wenn sich auf dem Sand eine aus im Wasser suspendierten Stoffen bestehende Filtrierschicht gebildet hat, werden erhebliche Mengen von Bakterien zurückgehalten. Hier-
10 aus ergibt sich, daß eine völlige Beseitigung der letzteren durch Filtrieren allein nicht möglich ist; wo man also in der Nähe der Städte keimfreies bezw. keimarmes Wasser nicht in genügender Menge beschaffen kann, ist man gezwungen, sich auf andere Weise zu helfen. Es scheint
15 da das Ozon eine wichtige Rolle spielen zu sollen. Das Ozon O_3 entsteht aus dem Sauerstoff O_2 der atmosphärischen Luft unter dem Einfluß der sogenannten dunklen elektrischen Entladung und stellt eine chemisch besonders wirksame Form des Sauerstoffs dar. Seine Einwirkung
20 auf das Wasser, welches in Röhren herabrieselt, in denen ozonisierte Luft aufsteigt, hat deshalb nicht nur, wie die Lüftung, eine Oxydation des etwa gelösten Eisens, sondern auch die Abtötung der pathogenen Bakterien zur Folge; dabei kann auf einfache Weise nachgewiesen wer-
25 den, ob genügende Mengen Ozon vorhanden sind, indem die aus dem Rohrsystem austretende Luft noch schwach ozonhaltig sein muß. Die erste von Siemens und Halske gebaute größere Anlage dieser Art ist seit kurzer Zeit in Wiesbaden in Betrieb.

30 Übrigens ist zu bemerken, daß Grundwasser (und ebenso das Wasser größerer Talsperren in entsprechender Tiefe unter der Oberfläche) frei von pathogenen Keimen zu sein pflegt. Wo aber Oberflächenwasser, insbesondere Jauche von Dungstätten von dem Grundwasser nicht fern ge-

halten werden kann, da finden sich solche Keime. Man hat nun ein einfaches chemisches Mittel, um solcher Art verunreinigtes Wasser zu erkennen, in dem Nachweis von Ammoniak und Salpetersäure. Enthält ein Wasser diese Verunreinigungen, so ist es verdächtig, und die bakterio- 5 logische Prüfung wird dann meist einen erheblichen Gehalt an pathogenen Bakterien feststellen.

Handelt es sich bei dem Trinkwasser um die Gewinnung klaren und keimfreien Wassers, so treten andere Gesichtspunkte in den Vordergrund bei der Beschaffung von 10 Wasser für die Dampfkesselheizung und für chemische Zwecke. In ersterer Hinsicht ist zu bemerken, daß die festen im Wasser gelösten Bestandteile natürlich in einem Dampfkessel sich im Laufe der Zeit in großen Mengen ansammeln. Man könnte nun diese Stoffe, wenn sie in 15 dem Kesselwasser in konzentrierter Form gelöst blieben, durch zeitweiliges Ablassen des Kessels entfernen. Aber die Hauptmenge der gelösten Stoffe scheidet sich beim Erhitzen des Wassers als unlöslicher Niederschlag aus. Die oben erwähnten Bikarbonate spalten nämlich beim 20 Kochen des Wassers Kohlensäure ab und liefern die unlöslichen Karbonate, welche in Form von Kesselstein sich als Kruste auf dem Boden des Kessels absetzen:

$$\underset{\text{Kalziumbikarbonat}}{Ca(OCOOH)_2} = CO_2 + H_2O + \underset{\text{Kalziumkarbonat.}}{CaCO_3}$$ 25

Der Kesselstein besteht also hauptsächlich aus kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia $MgCO_3$, aber ihm mengen sich auch Gips, Kieselsäure und andere bei zunehmender Konzentration aus dem Wasser des Kessels sich ausscheidende Stoffe bei. 30

Von anderer Art sind die Nachteile kalk- (und magnesia-)reichen, „harten“ Wassers in der chemischen Industrie und im Haushalt. Beim Waschen z. B. bildet die Seife

mit dem Kalziumbikarbonat ein in Wasser unlösliches für den Waschprozeß wertloses Salz, so daß um so mehr Seife aufgewandt werden muß, je härter das Wasser ist. In Gegenden, die hartes Wasser haben, benutzt man im
5 Haushalt Regenwasser zum Waschen, in der Industrie ist man zur chemischen Reinigung des Wassers übergegangen, welche auch bei der Kesselheizung den Vorzug vor allen sogenannten Kesselsteinmitteln verdient. Sie hat den Zweck ein Wasser zu liefern, welches, möglichst
10 frei von gelösten Stoffen, jedenfalls keine unlöslichen Stoffe beim Erhitzen ausscheidet.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn Meerwasser zur Deckung des Wasserbedarfs verwendet werden muß. Dies ist auf größeren Schiffen der Fall, welche
15 den erheblichen Bedarf an Trink- und Gebrauchswasser nicht in Fässern mitführen können. Da destilliertes Wasser unschmackhaft ist, so sind die Destillationsapparate so eingerichtet, daß das destillierte Wasser mit Luft gesättigt wird.

20 Destilliertes Wasser wird ferner für den Bedarf chemischer Laboratorien, zur Darstellung feinerer chemischer Präparate (soweit man dabei mit Regenwasser oder chemisch gereinigtem Wasser nicht auskommen kann), sowie zur Fabrikation von künstlichem Mineralwasser und
25 von Kunsteis in großen Mengen hergestellt.

Was die Mineralwasserfabrikation betrifft, so werden die zahlreich in Deutschland sich vorfindenden Mineralwässer großenteils so in Flaschen gefüllt, wie die Natur sie liefert; die Quellen liefern oft mehr Kohlensäure als
30 das Wasser gelöst enthält; es ist also in manchen Fällen möglich, gleichzeitig Kohlensäuregas zu gewinnen und entweder in Stahlzylindern zu verflüssigen oder zur Fabrikation von Bikarbonaten u. dergl. zu verwenden. Vielfach aber hat man keinen großen Überfluß an Koh-

lensäure, fängt dieses Gas dann in Glocken auf und preßt es, der herrschenden Mode folgend, welche ein stark sprudelndes Wasser wünscht, in die mit dem Mineralwasser gefüllten Flaschen unter Druck ein. Dabei wird zuweilen schon eine chemische Operation eingeschaltet. Wenn nämlich das Mineralwasser eisenhaltig ist, lüftet man es vor dem Abfüllen und preßt dann erst die inzwischen in Glocken aufgefangene Kohlensäure ein.

Einen Schritt weiter geht die Fabrikation der künstlichen Mineralwässer, indem sie gewisse Salze, wie sie als Bestandteile natürlicher Mineralwässer bekannt sind, in destilliertem Wasser oder gutem keimfreien Trinkwasser löst und nunmehr Kohlensäuregas einpreßt. Das letztere wurde früher meist aus Kalkstein und arsenfreier Salzsäure entwickelt oder aus Magnesit und Schwefelsäure; heutzutage aber wird es billiger den flüssige Kohlensäure enthaltenden Bomben entnommen.

Die Fabrikation von Kunsteis aus destilliertem Wasser beruht auf dem Umstand, daß flüssiges Ammoniak NH_3 — an seiner Stelle kann man mit gleichem Erfolg, aber weniger ökonomisch, auch flüssige Kohlensäure CO_2, Schwefeldioxyd SO_2 oder auch flüssige Luft benutzen — den Stoffen, welche den Ammoniakbehälter umgeben, beim Verdunsten Wärme entzieht. Das Ammoniak ist bei gewöhnlicher Temperatur und gewöhnlichem Druck ein Gas. Durch Kompressionspumpen kann es aber schon bei Zimmertemperatur zu einer Flüssigkeit verdichtet werden. Hebt man den Druck auf, unter welchem die letztere steht, so verdampft demnach das Ammoniak wieder, indem es die hierzu erforderliche Wärme seiner Umgebung entzieht. Man könnte also den Behälter, in dem das Ammoniak verdampft, direkt in Wasser stellen, welches alsdann gefrieren würde. Aber das wäre eine nicht zweckmäßige Fabrikationsmethode. Man umgibt

vielmehr den Ammoniakbehälter mit einer Chlorkalziumlösung, welche wesentlich unter dem Gefrierpunkt des Wassers abgekühlt werden kann, ohne zu erstarren. So kann man die auf $-10°$ abgekühlte Chlorkalziumlösung
5 abfließen lassen und ein weiteres Quantum warmer Lösung an ihre Stelle bringen, mit anderen Worten man kann kontinuierlich die unterkühlte Salzlösung erzeugen. In diese kalte Flüssigkeit setzt man dann Blechkanister, in welchen sich destilliertes Wasser befindet. Dieses ge-
10 friert zu durchsichtig klaren Blöcken; gewöhnliches lufthaltiges Wasser würde milchig trübes Eis geben.

Nachdem die Gewinnung von Wasser für die verschiedenen Gebrauchszwecke besprochen wurde, erübrigt es noch die Beseitigung derjenigen Abwässer der Städte
15 bzw. industriellen Anlagen zu besprechen, welche infolge von Verunreinigung nicht direkt in Bäche oder Flüsse entlassen werden können. Es ist dies ein umfangreiches Gebiet, das hier nur in seinen Grundzügen kurz erörtert werden kann.

20 Es ist zweckmäßig zu beginnen mit denjenigen Abwässern, in welchen an sich unschädliche feste Stoffe suspendiert sind. Solche Abwässer sind trübe und können die Fischerei schädigen; sie werden besonders oft in den Wäschen von Erzbergwerken, Kohlengruben, aber auch bei
25 der Verarbeitung von Lehm, Ton u. dergl. erzeugt. Um die suspendierten Teile abzuscheiden, benutzt man Klärteiche. Deren Wirkung beruht darauf, daß der Querschnitt des strömenden Wassers erheblich gesteigert, die Durchflußgeschwindigkeit verlangsamt wird. Unter sol-
30 chen Umständen setzen sich die suspendierten Stoffe ab.

Schwieriger ist die Unschädlichmachung der im wesentlichen menschliche Fäkalien enthaltenden Abwässer der Städte. Die menschlichen Fäkalien enthalten wertvolle Düngemittel und zwar in erster Linie Stickstoffverbin-

dungen (Harnstoff, Harnsäure), welche bei der Fäulnis Ammoniak bilden, sodann Phosphate und kleine Mengen von Kalisalzen. Theoretisch hat die jährliche Entleerung von 1000 Menschen einen Düngewert von ca. 5000 Mark. Entgeht schon in den Dörfern ein großer Teil 5 dieses Düngewertes der Ausnutzung, so ist eine solche erst recht in den Städten erschwert, in denen hygienische Rücksichten die Entfernung der Fäkalien durch Wasserspülung wünschenswert machen. Die rationellste Beseitigung und Verwertung der städtischen Abwässer ist 10 daher zweifellos die Anlage von Rieselfeldern, in welchen nach eventueller Abscheidung fester Sinkstoffe in Klärteichen die Ammoniaksalze und Phosphate völlig für landwirtschaftliche Zwecke ausgenutzt werden. Bekannt sind die mustergültigen Rieselfelder der Stadt Ber- 15 lin. Aber nicht jede Stadt verfügt über einen für diese Zwecke so günstigen Sandboden wie ihn die Mark Brandenburg bietet. In Städten, welche an großen Flüssen liegen, leitet man daher, um unnütze Kosten zu vermeiden, die Abwässer in die Flüsse. Der Sauerstoffgehalt des 20 Flußwassers bedingt es, daß infolge der „Selbstreinigung" der Flüsse diese Abwässer bereits wenige Kilometer unterhalb der Stadt, welche sie erzeugt hat, nicht mehr nachweisbar schädlich sind. Schwieriger sind die Verhältnisse in Städten, die an kleineren Flüssen liegen. Hier 25 scheint dem biologischen System der Abwässerbeseitigung die Zukunft zu gehören. Es beruht auf dem Prinzip, daß die organischen Stoffe des Abwassers von fein verteilten Stoffen wie Koks, Schlacken u. dergl. in Kläranlagen absorbiert und nachher durch Bakterienwirkung 30 zerstört werden.

Ähnliche Verhältnisse ergeben sich für die Abwässer von Stärke- und Zuckerfabriken, welche auch am besten auf Rieselfeldern und Wiesen verwertet und unschädlich

gemacht werden. Über die Abwässer anderer chemischer Fabriken läßt sich Generelles nicht sagen. Säuren wird man in unlösliche Salze (z. B. Schwefelsäure durch Kalkmilch) überführen, zum mindesten aber neutralisieren,
5 bevor man sie weglaufen läßt; vor allem aber ist für schnelle Verdünnung derartiger Abwässer zu sorgen.

Besonderer Beachtung verdienen natürlich solche Abwässer, welche wie diejenigen von Krankenhäusern, Schlachthäusern, Gerbereien, Lumpenpapierfabriken unter
10 Umständen Krankheitskeime enthalten können. Diese werden in solchem Falle meist mit Chlorkalk desinfiziert.

D. DIE ELEKTROTECHNOLOGIE

Die Elektrotechnik ist in wenigen Jahrzehnten aus den engen Grenzen des Laboratoriums herausgetreten und den Händen des Physikers entwachsen. Aus den kleinen
15 Werkstätten der Begründer unserer Technik sind große industrielle Unternehmungen geworden, welche ihre Erzeugnisse über die ganze Erde verbreiten und vielen tausend fleißigen Händen Beschäftigung gewähren.

Und wie an Ausdehnung, so hat die Elektrotechnik
20 auch in Bezug auf ihre Vielseitigkeit gewaltige Fortschritte gemacht. Mit dem Ansatz neuer Zweige und ihrer Ausbildung sind die älteren bestehenden nicht vernachlässigt worden, sondern haben sich ebenfalls gedeihlich weiter entwickelt. Aus dem engen Wirkungsgebiete der Tele-
25 graphie, von der sie in den ersten Jahren beherrscht wurde, ist die Elektrotechnik bald herausgetreten und allmählich so vielseitig geworden, daß es heutzutage niemandem mehr möglich ist, das ganze Gebiet derselben auch nur einigermaßen zu beherrschen und in allen ihren

Einzelzweigen mit Erfolg praktisch tätig zu sein. Die Telegraphie, Telephonie, der Instrumentenbau, die Kraftübertragung und Beleuchtung, die Elektrochemie usw. sind selbständige Unterabteilungen unseres Faches geworden; der praktische Elektrotechniker ist gezwungen, sich auf eines oder höchstens einige wenige derselben zu beschränken, um Tüchtiges leisten zu können.

Auf allen Gebieten des menschlichen Lebens und Schaffens tritt uns heute die Elektrizität als willige und fleißige Dienerin entgegen. In unseren Wohnungen liefert sie uns die wichtigsten Bedürfnisse aller menschlichen Kultur, künstliches Licht und künstliche Wärme in einer so verschwenderischen Fülle und in so vollkommener und zuverlässiger Weise, wie wir es zur Zeit durch kein anderes Hilfsmittel zu erzielen vermögen, und erhöht dadurch Bequemlichkeit und Sicherheit. In besonderen Fällen wäre aber der schnelle und energische Arbeitsbetrieb, wie ihn unser heutiges rastloses Leben verlangt, ohne die Anwendung des elektrischen Lichts gar nicht möglich geworden. Die Verwendung auf Leuchttürmen, bei militärischen Manövern im Felde und auf der See, die Beleuchtung von Bergwerken, die Bogenlampen bei nächtlichen Arbeiten im Freien sind einzelne herausgegriffene Beispiele dafür.

Die elektrische Telegraphie und die Telephonie haben seit ihrer Entdeckung eine ganz ungeheure Ausbreitung gefunden, und man ist heute gewöhnt, von jedem Hause der Großstadt aus über das ganze Reich sprechen zu können, wie man in jedem Hotelzimmer die elektrische Klingel verlangt. Unser moderner, schneller und präziser Geschäftsverkehr wäre ohne das exakte Arbeiten der unzähligen über die ganze Erde gespannten Telegraphenlinien ganz undenkbar, und dieses Netz hat zu dem kommerziellen Aufschwung im letzten Drittel des Jahr-

hunderts sicher nicht weniger beigetragen, wie das der Eisenbahnen.

Die elektrische Kraftübertragung leistet uns unschätzbare Dienste, sowohl durch Übermittlung der ungeteilten Kraft von einem Orte zum anderen als auch durch Verteilung der Arbeit von einer zentralisierten Erzeugungsstelle zu einer großen Anzahl von Konsumenten. In vielen Fabriken sehen wir kaum noch Spuren der altmodischen Riemen-, Seil- und Wellentransmissionen. Alle diese, nutzlose Arbeit verzehrenden und gefährlichen Zwischenglieder hat die Anwendung der Elektrizität entbehrlich gemacht. Bei den großen Kränen längs der Hafenanlagen bewundern wir die Leichtigkeit und Sicherheit, mit welcher mit Hilfe der Elektrizität ein einzelner Arbeiter die gewaltigen Lasten hebt und dirigiert, auf unseren großen Schiffen werden die Spills, die Winden und Pumpen elektrisch angetrieben, und so ließen sich unzählige Beispiele anführen, wo die Elektrizität den Dampf oder die Muskelkraft von Pferden und Menschen verdrängt hat und ein exakteres, billigeres und bequemeres Arbeiten ermöglicht.

Überall ist die Überlegenheit der Elektrizität über die anderen Naturkräfte immer mehr anerkannt worden, und wie Pilze sind infolgedessen die Elektrizitätswerke aus der Erde gewachsen. Mehr als die Hälfte aller in Deutschland laufenden Dampfmaschinen dienen zur Erzeugung elektrischer Energie. Die elektrischen Zentralen ermöglichen die Lieferung einer billigen und bequemen Betriebskraft auch da, wo nur wenige P. S. erforderlich sind, und wo die Anlage von Gasmotoren, Heißluftmaschinen oder gar Dampfmaschinen zu teuer und zu umständlich sein würde. Infolgedessen hat die Errichtung von Zentralen und die elektrische Kraftverteilung von denselben aus eine große volkswirtschaftliche Bedeutung. Sie er-

möglicht es der Kleinindustrie und dem Handwerke, mit Maschinenkraft zu arbeiten, und gibt ihr damit eine wirksame Waffe in die Hand für den harten Kampf gegen die Großindustrie, welche sie zu erdrücken drohte.

Ganz besonders kommt diese Wirkung da zur Geltung, 5 wo große billige Betriebskräfte im natürlichen Gefälle von Flüssen vorhanden sind. In der Schweiz und in Schweden konnte aus diesen natürlichen, unerschöpflichen Schätzen des Landes vor Anwendung der Elektrizität zumeist nur geringer Nutzen gezogen werden; jetzt ver- 10 sorgen sie ein weites umliegendes Gebiet mit billiger Betriebskraft, so daß sich vielfach eine gesunde, rege und gewinnbringende Kleinindustrie in Gegenden entwickelt hat, welche vorher nur ganz spärlich bewohnt waren.

Die elektrischen Bahnen beschränkten sich in Deutsch- 15 land zunächst darauf, die vorhandenen Pferdebahnen zu ersetzen und trugen dadurch zur bequemeren schnelleren Beförderung des Publikums und infolge der ermöglichten größeren Sauberkeit der Straßen zur Erhöhung der Gesundheitsverhältnisse bei. Von größter volkswirtschaft- 20 licher Bedeutung wurden sie aber, als sie allgemein anfingen, sich zu Vorortsbahnen zu entwickeln, ein Prozeß, welcher immer noch in lebhaftem Fortschreiten begriffen ist. Fast alle Großstädte haben bereits bequeme, billige und schnelle elektrische Verbindungen mit ihrem Vor- 25 land, und der Fabrikarbeiter benutzt dieselben gern, um mit seiner Familie draußen auf billigem Boden in reiner gesunder Luft, womöglich in einem eigenen Häuschen zu wohnen, anstatt wie früher auf die oberen Etagen ungesunder Mietskasernen in engen Straßen der Großstadt an- 30 gewiesen zu sein.

Andere wichtige Ausnutzungsgebiete der elektrischen Kraftübertragung, ihre Verwendung in der Landwirtschaft, insbesondere zum Pflügen, an den Kanälen zur

Schleppschiffahrt, für Haupt-Eisenbahnen zur Erzielung eines schnelleren und in kürzeren Zwischenpausen als bisher aufeinanderfolgenden Wagenverkehrs, sind noch in den Anfangsstadien ihrer Ausbildung begriffen, lassen
5 aber einen guten Erfolg erwarten.

Ebenso ist die Elektrochemie noch ein ganz junges Gebiet, welches von Jahr zu Jahr an Ausdehnung gewinnt. Fortwährend macht sie neue Methoden ausfindig, um wertvolle Produkte besser und billiger herzustellen, als es
10 auf rein chemischem Wege möglich war. Dieses Gebiet der elektrotechnischen Industrie ist von der Örtlichkeit verhältnismäßig wenig abhängig und daher ganz besonders geeignet, die bis dahin noch nicht ausgenutzten Wasserkräfte zu nützlicher und gewinnbringender Arbeit heran-
15 zuziehen.

Rastlos wird auch heute noch von unzähligen Technikern, Ingenieuren und Gelehrten, im Studierzimmer, im Laboratorium, am Reißbrett und in der Werkstatt an den Fortschritten der Elektrotechnik gearbeitet. Täg-
20 lich bringen die Patentlisten eine große Anzahl von neuen Gedanken und Verbesserungen, deren Bedeutung und Wert häufig nicht sogleich überblickt werden kann. Nach dem beispiellos schnellen Fortschritt, welchen wir in den verflossenen Jahrzehnten beobachtet haben, dürfen wir
25 aber auf eine weitere glänzende Fortentwicklung der Elektrotechnik hoffen und uns von der Zukunft noch eine Reihe der schönsten Erfolge versprechen.

Die für die allgemeine Anwendung geeignete Ausbildung der Telegraphie ohne Draht, des magnetischen Phono-
30 graphen, die Konstruktion eines allen Anforderungen entsprechenden Akkumulators und ähnliche Fortschritte erwarten wir mit Zuversicht von der nächsten Zeit. Aber jeder Tag kann auch die Lösung des großen Problems der direkten Erzeugung der Elektrizität aus Wärme oder aus

der chemischen Energie der Kohle bringen. Dann hat die Elektrizität vollends gewonnenes Spiel. Dampf- und Gasmaschinen werden fast verschwinden, und die Elektrotechnik wird tatsächlich die gesamte Industrie beherrschen. 5

E. ELEKTRISCHE AUSRÜSTUNG DER „RHEINUFERBAHN“

Von besonderem Interesse ist die elektrische Ausrüstung der Bahn, die auch für den Fachmann viel des Neuen bietet. Das sorgfältig ausgearbeitete Programm stellte große Anforderungen. Die Züge sollen mit einer Geschwindigkeit bis zu 80 km in der Stunde verkehren, 10 und zwar in jeder Richtung stündlich zwei Züge, welche, allerdings maximal, aus vier Wagen mit etwa zusammen 250 Plätzen bestehen sollten; eine besondere Schwierigkeit bestand noch darin, daß innerhalb der Städte Köln und Bonn der von den städtischen Kraftwerken für die 15 städtischen Straßenbahnen geleistete Gleichstrom von 550 Volt Spannung benutzt werden mußte.

Die bekannten großen Elektrizitätsgesellschaften wurden zur Abgabe eines Angebotes aufgefordert. Von den Angeboten gelangten nach langen Verhandlungen schließ- 20 lich zur engeren Wahl: ein Projekt der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft für einphasigen Wechselstrom von 6000 Volt für die freie Strecke und Gleichstrom von 550 Volt für die Städte, ein Projekt der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft mittels Gleichstrom von 800 Volt für die 25 freie Strecke und 550 Volt für die Städte und ein Projekt der Siemens-Schuckertwerke mit 990 Volt Gleichstrom für die freie Strecke und 550 Volt für die Städte.

Nach eingehender Prüfung der sowohl in technischer als auch in wirtschaftlicher Hinsicht ausführlich begründeten 30

Projekte fiel die Entscheidung zugunsten des Entwurfes der Siemens-Schuckertwerke, welche eine Stromversorgung mittels Gleichstrom von 990 Volt aus einem in Wesseling zu errichtenden Kraftwerk in Aussicht nahmen. Die Gründe für diesen Entschluß waren im wesentlichen folgende:

,,Die Verwendung von hochgespanntem, einphasigem Wechselstrom bedingte eine Umformung von 200 Volt im Wagen, sodann einen Motor, welcher mit Rücksicht auf die Stromversorgung innerhalb der Städte sowohl mit Gleichstrom als auch Wechselstrom zu betreiben war. Wenn auch der angebotene Wagenmotor anstandslos für Wechselstrom und Gleichstrom zu benutzen war (mit geringen Umschaltungen), so ergaben doch die hierfür notwendigen Nebenapparate ein so erhebliches Mehrgewicht gegenüber der Gleichstromausrüstung, daß der Betrieb mit einphasigem Wechselstrom unwirtschaftlicher wurde, als für reinen Gleichstrom. Andererseits wurden die Ersparnisse an Oberleitung und Speiseleitung infolge der hohen Spannung des einphasigen Wechselstromes wieder aufgehoben durch die viel teurere Wagenausrüstung. Sodann fiel bei einphasigem Wechselstrom jede Möglichkeit fort, Energie in Streckenbatterien aufzuspeichern und dadurch die Betriebssicherheit wesentlich zu erhöhen; es mußten also Betriebsstörungen erwartet werden, falls nicht große Ausgaben für Reservemaschinen erwachsen sollten. In Erwägung zu ziehen war auch die Gefahr, welche mit einer Spannung von 6000 Volt stets verbunden ist, zumal trotz aller Sicherheitsvorkehrungen ein Überspringen der hohen Spannungen auf die Gleichstromstrecken nicht vollständig ausgeschlossen erschien. Endlich erwies sich die Strecke von 22 km als reichlich kurz, um die Vorteile des Wechselstromes recht zur Geltung kommen zu lassen, während sich bei Ver-

wendung von Gleichstrom erhöhter Spannung noch ein vollkommen wirtschaftlicher Betrieb von einem in der Mitte liegenden Kraftwerk aus erzielen ließ."

Ganz abgesehen davon, daß auch in technischer Beziehung nicht alle Fragen, z. B. der Übergang von freier Strecke auf die Stadtstrecken, also von Wechselstrom auf Gleichstrom, zweifelsfrei gelöst erschienen, mußte also das Projekt des einphasigen Wechselstromes schon wegen der besonderen ungünstigen örtlichen Verhältnisse ausgeschieden werden.

Man entschloß sich also zunächst zu Gleichstrom, um so mehr, als sowohl die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, als auch die Siemens-Schuckertwerke sich anboten, auf ihre Kosten für die Rheinuferbahn ein Gleichstromkraftwerk zu erbauen und zu betreiben.

Von den beiden vorliegenden Gleichstromprojekten erschien aber das der Siemens-Schuckertwerke als das wirtschaftlich bessere, da es eine höhere Betriebsspannung vorsah und dementsprechend auch geringere Kupfermengen benötigte. Da die Siemens-Schuckertwerke weitgehende Garantie boten und namentlich durch den Betrieb der Berliner Hochbahn über ausreichende Erfahrung mit Gleichstrom höherer Spannung verfügten, so trug man keine Bedenken, dem Entwurf der Siemens-Schuckertwerke mit 990 Volt gegenüber demjenigen der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft mit 800 Volt den Vorzug zu geben und zur Ausführung zu empfehlen.

Bevor der Auftrag den Siemens-Schuckertwerken erteilt wurde, beschloß der Aufsichtsrat, dem Umstand Rechnung tragend, daß zweifellos außergewöhnliche Verhältnisse vorlagen, noch ein Gutachten über die Projekte einzuholen, und betraute mit demselben den Professor an der Handelshochschule Köln, Herrn Ingenieur Rinkel, welcher seinerzeit den elektrischen Probebetrieb auf der

Wannseebahn geleitet hatte und daher über eine weitgehende Erfahrung im elektrischen Bahnbetrieb mit stärkeren Zügen verfügte.

Herr Rinkel empfahl gleichfalls das Projekt der Siemens-Schuckertwerke als das technisch beste und wirtschaftlich günstigste zur Ausführung, hielt es jedoch für zweckmäßiger, statt einer großen Streckenbatterie in der Zentrale in Wesseling, wie im Entwurf der Siemens-Schuckertwerke vorgesehen war, deren drei in Sürth, Hersel und Wesseling anzubringen.

Durch die Batterien entstehen zwar geringe Mehrausgaben trotz der Ersparung an Leitungskosten, auch arbeitet eine Batterie an und für sich nicht wirtschaftlich. Sie gewähren indessen für den Betrieb den großen Vorteil, Energie an dem Kraftwerk fern gelegenen Verbrauchspunkten aufspeichern zu können, also die plötzliche Fortleitung großer Strommengen auf ein Geringes zu beschränken und bei einer Störung im Kraftwerk die Aufrechterhaltung des Bahnbetriebes für eine gewisse Zeitdauer zu ermöglichen. Die Betriebssicherheit wird demnach erhöht, während gleichzeitig Störungen durch vagabundierende Ströme verringert werden.

Ferner empfahl Herr Rinkel mit Rücksicht auf die wegen der hohen Spannung des Gleichstromes nicht unbedenkliche große Umlaufszahl der ursprünglich vorgesehenen Turbodynamos die Verwendung von Dampfmaschinen normaler Tourenzahl.

Da also auch das Gutachten des Sachverständigen zugunsten des Entwurfes der Siemens-Schuckertwerke ausfiel, erhielten die Siemens-Schuckertwerke den Auftrag, die Stromversorgung und elektrische Ausrüstung der Rheinuferbahn nach dem Entwurfe, jedoch unter Berücksichtigung der von Herrn Professor Rinkel empfohlenen Abänderungen auszuführen.

Die Stromversorgung gestaltet sich demnach wie folgt:
„In den Städten Köln und Bonn wird der Strom von etwa 500 Volt aus den städtischen Werken entnommen; für die freie Strecke wird in dem von den Siemens-Schuckertwerken betriebenen Kraftwerk in Wesseling 5 Gleichstrom von 990 Volt Spannung erzeugt. Die Hauptstrecke ist in drei Speiseabschnitte geteilt, und zwar:

Abschnitt I, Marienburg — Sürth. Die Speisung erfolgt bei Sürth durch eine vom Kraftwerk dahinführende 10 Speiseleitung und eine in Sürth aufgestellte Akkumulatorenbatterie von 300 Amperestunden. Zum Ausgleich des Spannungsabfalles in der Speiseleitung ist in dieselbe im Kraftwerk eine Zusatzmaschine eingeschaltet, welche bis zu 150 Volt Zusatzspannung hergeben kann. 15

Abschnitt II, Sürth — Hersel, wird in Wesseling direkt von der Zentrale gespeist.

Abschnitt III, Hersel — Bonn-Güterbahnhof, wird in Hersel in derselben Weise wie Abschnitt II mit Speiseleitung und Zusatzmaschine gespeist.“ 20

Das Kraftwerk ist so groß gewählt, daß eine der beiden liegenden Dampfdynamos von normal 330 K. W. für den Verkehr von gleichzeitig vier Zügen von je vier Wagen oder eine andere gleich große Belastung der Strecke Marienburg — Bonn-Güterbahnhof bei einer Geschwin- 25 digkeit von 60–70 km stündlich ausreicht; außerdem sind aufgestellt zwei Zusatzmaschinensätze (davon ein Satz in Reserve) für die Speiseleitungen und ein sogenanntes Pirani-Aggregat, welches ein besseres Mitarbeiten der mit den Dynamos parallel geschalteten Bufferbatterie 30 bewirken soll. Zugleich dient die Zusatzmaschine dieses Aggregates dazu, nach Schluß des Betriebes die erforderliche Aufladung der Bufferbatterie bei entsprechend verringerter Stromstärke zu bewirken.

Für Beleuchtungszwecke dient eine kleine Batterie, welche mittels einer der Zusatzmaschinen geladen wird.

Für die Dampferzeugung stehen drei liegende Cornwall-Kessel von je 85 qm Heiz- und 35 qm Über-
5 hitzerfläche (300° C) zur Verfügung, welche mit roher Braunkohle geheizt werden. Das Gleis für die Zuführung der Braunkohle liegt hoch. Die in Selbstentladern ankommenden Braunkohlen fallen zum großen Teil unmittelbar vor die Kessel, während der andere Teil in eine
10 Vorratsgrube fällt und von hier aus durch ein Becherwerk und ein Förderband der Feuerung zugeführt wird. Das Becherwerk dient gleichzeitig zum Heben und Verladen der Asche.

Im übrigen entsprechen die Einzelheiten des Kraft-
15 werkes den neuesten Erfahrungen.

Die in besonderen Gebäuden untergebrachten Streckenbatterien in Sürth und Hersel von je 330 Ampere bei einstündiger Entladung (stoßweise erheblich mehr) sind parallel der Leitung geschaltet und laden sich selbsttätig
20 durch die Zusatzmaschinen in den Zugpausen wieder auf; die zugehörigen Schaltbretter befinden sich in der Station und werden von dem Stationsbeamten bedient. Abends nach Schluß des Betriebes werden die Batterien durch Hintereinanderschaltung der beiden Dynamos eines Zu-
25 satzaggregates unter entsprechender Verminderung der Stromstärke mittels der Speiseleitung voll aufgeladen.

Fahrleitung. Da nicht schienenfreie Überwege vorhanden sind, schien die Verwendung einer dritten Schiene, abgesehen von den höheren Kosten für die Stromabnahme,
30 nicht unbedenklich, so daß Oberleitung gewählt wurde. Für jedes Gleis wurden zwei Fahrdrähte von 80 qmm Querschnitt verlegt. Um mit Rücksicht auf die hohe Fahrgeschwindigkeit eine möglich gleichmäßige Höhenlage der Fahrdrähte und gleichzeitig einen sicheren Kon-

takt zwischen den Stromabnehmerbügeln und beiden Fahrdrähten zu erzielen, wurde die Aufhängung der Fahrdrähte als Mehrfachaufhängung ausgebildet. Hierbei sind die beiden Fahrdrähte eines Gleises in kürzeren Abständen durch starre Zwischenstücke miteinander ver- 5 bunden, welche pendelnd an einem über den Fahrdrähten ausgespannten Tragseil aufgehängt sind. Das Tragseil ist in Abständen von ca. 50 m isoliert, durch Gittermaste mit Auslegern gestützt. Zugleich ist durch diese Konstruktion ein Bruch der Oberleitung fast ganz ausge- 10 schlossen. Dadurch, daß sowohl das Stahlseil als auch die Fahrdrähte immer durch zwei hintereinander geschaltete Hochspannisolatoren aus Porzellan und Hartgummi gegen Erde isoliert sind, wird eine vorzügliche Isolation der Fahrleitung erreicht. An der Marienburg und auf Bonn- 15 Güterbahnhof sind in die Oberleitung besondere isolierte Stücke eingebaut, um einen Übergang der Spannung von 990 Volt in die Leitung der Städte zu verhindern.

Für die Rückleitung genügen die Schienen, welche zu diesem Zweck an jedem Stoß durch zwei Kupferbänder 20 von je 75 qmm Querschnitt verbunden sind. Es sind je zwei Verbindungen gewählt, um durch die vergrößerte Zahl der Verbindungsstellen einen unbedingt sicheren und dauernden Stromübergang zu erreichen.

In Abständen von je 100 m sind außerdem die Schienen 25 durch kupferne Querdrähte derselben Bauart verbunden, während um die Weichen die kupfernen Verbindungen ganz herumgeführt sind. Zur Vermeidung von vagabundierenden Ströme wird auch die Verlegung der Schienen auf hölzerne Schwellen in Kiesbettung sehr viel beitragen. 30

Die Beleuchtung der Bahnhöfe und Stationen geschieht von der Oberleitung aus.

Die elektrische Ausrüstung der Motorwagen besteht aus zwei Motoren von normal je 130 P. S. bei 990 Volt

Spannung, in Summa also 260 P. S. eff. Stundenleistung, welche jedoch für die Anfahrperiode und für Steigungen noch sehr erheblich erhöht werden kann. Jeder Motorwagen ist imstande, einen Beiwagen mit ca. 70 km Geschwindigkeit zu schleppen. Größere Zugeinheiten können durch Einstellung einer größeren Zahl von Motorwagen gebildet werden, wobei auf jeden Beiwagen ein Motorwagen zu nehmen ist. Alle Motorwagen eines Zuges werden vom vordersten Führerstande mittels einer elektrischen Vielfachsteuerung bedient; die beiden Motoren der einzelnen Motorwagen werden hierbei nach der bekannten Serien-Parallelschaltung geschaltet.

Für die Betätigung der Schaltapparate ist eine besondere Schwachstrombatterie vorhanden, welche wie alle Hauptapparate unter dem Wagen liegt.

Für den Betrieb der Westinghouse-Bremse und Luftdruckpfeife liegt unter dem Motorwagen ein Hauptluftbehälter, welcher durch einen elektrisch angetriebenen Pumpenmotor gefüllt wird.

Die Stromabnahme geschieht mittels zweier Bügel an jedem Motorwagen.

Die Beleuchtung und Heizung der Wagen ist ebenfalls elektrisch.

Es erübrigt noch zu erwähnen, daß sämtliche Schwachstromleitungen für Fernsprecher, Blockapparate, Läutewerke u. a. in Kabel verlegt sind, um so störende Einflüsse des Bahnstromes, sowie die schwierige Unterhaltung bei oberirdischer Führung zu vermeiden.



NOTES

THE PARTICIPIAL CONSTRUCTION

NOTE. — This construction is referred to hereafter as "P. C."

THE importance of the so-called "participial construction" is indicated by its frequency. It should be thoroughly mastered at the beginning of one's reading of scientific German.

The most usual form is that introduced by the article, definite or indefinite:

Die mittels der Leitungsdrähte nach beliebig entfernten Punkten übertragene Elektrizität. Literally translated: "the by means of conducting wires to any distant points transmitted electricity"; freely translated: "the electricity transmitted by means of conducting wires to any distant points."

NOTE 1. The first word is usually an article, though it may be another part of speech; the last word is always a noun; the word immediately preceding the noun is usually an attributive participle either present or perfect.

NOTE 2. The order of translation is: (1) article and other noun modifiers, (2) noun, (3) participle, (4) modifiers of the participle.

NOTE 3. The English relative clause often gives the best translation, as in the sentence given above: the electricity, which is transmitted.

NOTE 4. The participle has regular adjective declension, the modifiers remaining unchanged.

While the sentence given above is normal, there are several modifications of the type:

a. An adjective, with participial value, may take the place of the participle: *die auf ihr befindliche Elektrizitätsmenge*, "the (quantity of) electricity held upon it."

b. Several participles (or equivalent adjectives) may be used: (*aus*) *einem luftdicht verschließbaren und, zur Vermeidung der Gefahr des Zerspringens, mit einem Sicherheitsventil versehenen Gefäß.* In such cases, translate the participles in the order in which they occur: "in a vessel, capable of being closed air-tight and provided," etc. Note that the expression begins with *einem*, not with *aus.*

Die vom Blitze her bekannte, in ihren Ursachen durchaus noch nicht aufgeklärte Zickzackform, "the zigzag form with which we are familiar from lightning and which has as yet not been explained at all as to its cause."

c. Rarely the expression begins with a preposition or an adverb: *in Steinkohlenwerken hergestellten Koks*, "coke which is made in coal plants"; *in geringen Mengen eingeatmete oder durch die Atmungswerkzeuge dem Organismus zugeführte Kohlensäure*, "carbonic acid which is inhaled in slight quantities or which is conducted to the organism through the respiratory organs"; *früher für unzersetzbar gehaltene Körper*, "substances which were formerly regarded as undecomposable."

d. Until the construction is thoroughly understood, the pupil should "*treat*" each case, as it occurs, as follows:

1. "*define*" it, i.e. give its first and last word;
2. decline it in full;
3. give a word for word translation;
4. give two free translations.

Illustration:

ein, mit Wasser gefülltes, an beiden Enden dicht verschlossenes Bleirohr.

1. Defined: it begins, as frequently, with an article and ends, as always, with a noun — *Bleirohr.*

2. Declined: *ein, mit Wasser gefülltes, an beiden Enden dicht verschlossenes Bleirohr.*

   eines . . . gefüllten, . . . verschlossenen Bleirohres, etc.

3. a, with water filled, at both ends tightly closed lead tube.

4. a lead tube, filled (which is filled) with water and tightly closed (which is tightly closed).

NOTES

1. — 11. **läßt sich**, followed by the infin., a frequent construction. Trans.: *may be, can be.*

19. **kommt . . . zum Versand**, *is shipped.*

22. **wird.** As **werden** is employed constantly, its use should be carefully noted: (1) alone, meaning *become;* (2) followed by infin. to form future (trans.: *will, shall*); (3) followed by perf. part. to form passive (trans. by some form of *to be: is, are,* etc.).

2. — 1. **27,8 Liter.** Express in words thus: **siebenundzwanzig acht Zehntel Liter** (not: **und acht Zehntel**); or briefly: **siebenundzwanzig, Komma, acht Liter.** Decimal fractions are read as follows:

0,2059 zweitausendneunundfünfzig Zehntausendstel; or briefly: **null, Komma, zwei, null, fünf, neun.**

0,003665, dreitausendsechshundertfünfundsechzig Millionstel; or briefly: **null, Komma, null, null, drei, sechs, sechs, fünf.**

If a dot is used at the top of the line, instead of the comma below, one reads **Punkt** instead of **Komma.**

2. **im großen,** *on a large scale.*

4. **Den Akt.** Note that the object acc. is often placed first in a German sentence.

19. **lassen sich.** Cf. note to **1**, 11.

21. **Mg+O=MgO.** To be read: **Mg plus O gleich MgO.**

26. **bilden sich,** refl. for passive, *are formed.*

28. **gehen . . . vor sich,** *go on, proceed, take place.*

29. **4/5.** To be read: **vier Fünftel.**

3. — 9. **Anders verhält sich die Sache bei,** *it is a different matter in the case of.* Note how frequently **bei** is to be translated: *in the case of.*

17. **Eine solche allmählich vor sich gehende Vereinigung,** *such a union, taking place gradually.* Note two other instances of "P. C." below: lines 25 and **4**, 12.

26. **sich . . . nach und nach ansammelt,** *collects gradually.*

4. — 24. **−180° C.** Express in words: **minus hundert achtzig Grad Celsius.**

30. **das Brennen.** In the language of science, nouns are constantly formed from infinitives. Decline, sing. only, neuter, strong, first class.

5. — 9. **Das freigewordene Wasserstoffgas**, *the hydrogen gas set* (lit. *become*) *free.* A short participial construction. Note the regular order of trans.: article, noun, part., modifier.

23. **aus**, not to be translated.

33. **beim Verbrennen.** Cf. note to **4**, 30. Derive this dative from the nominative.

6. — 23. **lassen sich.** Cf. note to **1**, **11**.

25. **die . . . Gaslampen.** Note the use of an adjective for the participle. Cf. "P. C.," note "a." Point out three other cases of "P. C." in this paragraph.

34. **hat man wieder zum Wasserstoff gegriffen**, *one has had recourse again to hydrogen.*

7. — 15. **Metalloi′den**, *metalloids*, non-metals, such as carbon, phosphorus, nitrogen, sulphur.

31. **die mit . . . Papierstreifen.** Cf. "P. C.," note "b."

8. — 5. **reagiere, besitze, zeige.** Subjunctives after **sagt.**

27. **so entsteht . . . Base.** The tendency at present is to use the Latin names. Thus instead of **essigsaures Natrium, schwefelsaures Natrium, phosphorsaures Magnesium, Natriumazetat′, Natriumsulfat′, Magnesiumphosphat′.**

9. — 3. **so kommt . . . zur Geltung**, *the full effect of the acid is felt.*

19. **Als nicht . . . erhalten.** Cf. **ersticken**, *to suffocate.*

21. **Daraus aber, daß . . . geht hervor**, *from the fact that*, etc., *we see.*

28. **wirkt vielmehr verdünnend**, *has rather a diluting effect.*

10. — 1. **beruht darauf, daß.** Note that the particle **da**(**r**) anticipates the following clause. Trans.: *is due to the fact that* or *is due to withdrawing.*

18. **wenig beständigen**, *rather unstable.*

11. — 11. **bzw.** = **beziehungsweise.** Trans.: *or.*

16. **in aufgeschwemmtem Lande**, *in inundated territory.*

12. — 8. **Erhitzen.** Cf. note to **4**, 30.

14. **Reißblei**, from a Germanic root, meaning "write." Cf. **Reißfeder**, *drawing-pen;* **Reißbrett**, *drawing-board.*

13. — 10. **bei Abschluß . . . Luftzutritt**, *with entire or partial exclusion of the air.*

16. **verbunden gewesenen**, *which has been bound up.*

31. **auf künstlichem Weg dargestellten Kohlen.** A rather unusual participial construction, beginning with a preposition. Cf. "P. C.," note "c."

14. — 6. **der**, rel. pron.

5. **wurden . . . überflutet und meist an Ort und Stelle im Schlamm . . . begraben**, *were flooded and, in the main, buried in ooze on the spot.* — **der aus dem Wasser abgelagerten, erdigen Decke.** Give nom. sing. of this expression.

15. **einen . . . ähnlichen . . . erfordernden Umwandlungsprozeß.** Cf. "P. C.," note "b." Give the nom. sing. and the literal trans.

15. — 8. **Sachsen**, *Saxony*, a kingdom in central Germany; **Thüringen**, *Thuringia*, a district in central Germany, not a state; **Steiermark**, *Styria*, a duchy and crownland of Austria. These districts lie in a belt, extending from east to west through Germany into Austria.

26. **der Entstehung nach**, *as to their origin.*

30. **Schlesien**, *Silesia*, an eastern province of Prussia; its lead, copper, and coal mines are important.

16. — 14. **am weitesten vorgeschrittene**, *most advanced*, i.e. most fully carbonized.

23. **amerikanischen Zimmeröfen**, *American stoves*, as distinguished from the German **Kachelofen**, made of Dutch tile.

27, 31, **17.** — 11. Note the participial constructions. For the last, cf. "P. C.," note "c."

17. — 18. **entströmt . . . dem Boden**, *escapes from the ground;* **ent** suggests separation or origin.

34. **Aus alledem geht hervor**, *from all this, we see.*

18. — 5. **Jura**. The Jura mountains cover parts of France, Switzerland, and Germany.

11. **schwach säuerlich und zugleich prickelnd schmeckendes**, *slightly acidulous, and at the same time having a pungent taste.*

33. **so empfiehlt es sich**, *it is well.* — **dem Betreten**. Cf. note to **4**, 30. Decline this noun.

19. — 2. **muß man . . . bedacht sein**, *one must be careful.*

12. **In geringen Mengen . . . Kohlensäure**. Cf. "P. C.," note "c." *Treat* as indicated in "P. C.," note "d."

16. **gilt als bekannt**, *is generally recognized.*

17. **rührt von entweichender Kohlensäure her**, *is due to escaping carbonic acid.*

20. — 4. **Wird . . . gebracht**, *if limestone is brought into contact.* Cf. note to **1**, 22.

24. **kommt . . . in den Handel**, *is put upon the market.*

33. **aus**. Cf. note to 5, 23.

21. — 26. **beim Freiwerden,** *on being set free.* Cf. note to **4**, 30. Here the infin. is compounded with the adverb **frei** to form the noun. Decline noun with the article.

28. ($H_2O+2Cl=2HCl+O$). Express in words: **Klammer H_2O plus 2Cl gleich 2HCl plus O Klammer zu.**

22. — 13. **Für uns kommt hier zunächst . . . in Betracht,** *we have here first of all to consider.*

23. — 23. **im großen.** Cf. note to **2**, 2.

24. — 10. **beim Verbrennen.** Note nouns formed from infinitives in this paragraph — **Bleichen, Töten, Desinfizieren, Konservieren, Reinigen.**

15. **in Wasser aufgelöster schwefliger Säure.** Cf. "P. C.," note "c." Is this declined strong or weak?

25. — 2. **sind . . . gewisse Vorsichtsmaßregeln zu beachten,** *certain precautionary measures are to be observed.*

7. **wirkt stark ätzend,** *has a strongly corrosive effect.*

16. **mit Blei ausgeschlagenen Räumen,** *rooms lined with lead.*

19. **Es empfiehlt sich.** Cf. note to **18**, 33.

23. **soll . . . sein,** *is said to be.*

33. **aufdringlicher, lastiger Geselle,** *a most obtrusive and troublesome fellow.*

26. — 11. **in erster Linie,** *chiefly.*

28. — 2. **zugrunde gegangener Infusorien,** *infusoria which have become extinct.*

29. — 25. **von alters her,** *from of old.*

30. — 16. **Staßfurt,** a small city in central Prussia.

28. **deren Färbung von . . . herrührt,** *whose color is due to.*

32. **Im großen.** Cf. note to **2**, 2.

32. — 14. **in gebundenem Zustand,** *in compounds.*

26. **analog derjenigen,** *analogous to that.*

27. **der frei werdende Wasserstoff.** Cf. note to **5**, 9.

33. — 12. **Leblancschen Verfahren.** Nicolas Leblanc (1753–1806), the distinguished French chemist, discovered a method of extracting soda from salt in 1794. It is the so-called "dry process" and is in common use to-day. — **Solvay.** The Solvay or ammonia-soda process is based upon the decomposition of sodium chloride by carbon dioxide and ammonia. First used commercially in a factory near Brussels, it is now a rival of the Leblanc process.

34. — 20. **wird bergmännisch gewonnen,** *is mined.*

22. **wird . . . zutage gefördert,** *is brought to the surface.*

35. — 22. **angerührt**, *when stirred.*

36. — 5. **der Hauptsache nach**, *in the main.* **Nach** is a postpositive prep.

14. **saurer kohlensaurer Kalk**, *calcium bicarbonate.* $CaH_2(CO_3)_2$.

29. **Der . . . Kalkstein.** *Treat* this "P. C." in full. Cf. "P. C.," note "d."

37. — 17. **Staßfurt.** Cf. note to **30**, 16.

39. — 1. **Nachdem . . . gescheitert war**, *after the high cost of production had prevented*, etc.

40. — 11. **Den Oxyden . . . gegenüber**, *as compared with the oxides.* **Gegenüber**, a postpositive prep.

14. **reißt . . . begierig an sich**, *attracts strongly.*

41. — 6. **Magnalium**, a trade name.

43. — 5. **aus.** Cf. note to **5**, 23.

6. **das Raumausfüllende**, *that which fills space.* Note that nouns formed from adjectives or participles are declined like adjectives.

8. **Art der Raumausfüllung**, *way in which they fill space.*

12. **in erster Linie.** Cf. note to **26**, 11. — **Lavoisier** (1743–1794), the chief founder of modern chemistry, met his death by the guillotine in 1794.

15. **kleinsten . . . Teilchen.** Cf. "P. C.," note "b."

44. — 12. **Die Gesetzmäßigkeit**, acc. Cf. note to **2**, 4.

15. **Ob . . . liegt**, *whether this theory*, etc., *is based upon reality.* **Theorie** is dative.

46. — 2. **0,000004 mm.** Express in words: **vier Millionstel Millimeter.** One may read also: **null, Komma, null, null**, etc.

3. **indem man . . . auszieht**, *by drawing out.* An **indem**-clause may usually be best translated by the English present participle.

17. **wenn auch**, *even though.*

27. **streng genommen**, *strictly speaking.*

30. **vollzieht sich ständig ein Kreislauf**, *a constant circulation is going on.*

47. — 2. **auch**, *even.*

12. **indem . . . wird**, *the water being caused to oscillate.* Cf. note to **46**, 3.

17. **auszuscheidenden Teilchen**, gerundive, with future passive value, *particles which are to be filtered out.*

23. **einer Änderung . . . einen Widerstand entgegensetzen**, *offer resistance to a change.*

48. — 4. **Bei**, here, as frequently, *in the case of.*

7. **Art der Beanspruchung**, *nature of the strain.*

17. **wohl**, *is able to.*

22. **sollen**, *are to.*

25. **ihrer selbst wegen**, lit., *on their own account.* Trans.: *for architectural beauty.*

30. **an Ort und Stelle**, *on the ground*, or, *where it is to be used.*

33. **ohne maschinelle Einrichtung**, *without machinery.*

50. — 6. **nehmen . . . ihr früheres Volumen wieder ein**, *again occupy their former volume.*

14. **bei der mangelnden Kohäsion**, *in view of their lack of cohesion.*

51. — 2. **bezw.** Cf. note to **11**, 11.

8. **indem.** Cf. note to **46**, 3.

53. — 15. **Andrews.** Thomas Andrews (1813–1885), a Belfast physician and chemist. His investigations into the heat of chemical reactions received recognition from the Royal Academy.

15. **ist . . . aufgestellt worden**, *the principle was laid down.*

18. **noch so hoch**, *ever so great.*

54. — 1. **Pictet.** François Jules Pictet (1809–1872), a distinguished Swiss naturalist. — **Die ersten Erfolge . . . hatten . . . zu verzeichnen**, *the first successful results were attained by.*

5. **Linde.** Karl, Ritter von Linde, professor at the Royal Bavarian Technical Institute at Munich, noted for his investigation in the domain of refrigeration as well as for numerous inventions.

56. — 12. **des Heißen.** Cf. note to **43**, 6.

22. **fällt erst**, *does not fall until.* **Erst** frequently has negative force.

57. — 6. **geht . . . ein Weicherwerden voraus**, *a softening precedes.*

32. **um so beträchtlicheres . . . je enger**, *the more considerable a distance . . . the smaller.*

58. — 20. **wobei jedoch . . . nicht . . . gedacht werden darf**, *in so doing, however, we are not to think of*, etc.

33. $C = \frac{10}{8} R$. Express in words: **Celsius gleich zehn Achtel Réaumur.** — $C = \frac{10}{18}(F-32)$. Express in words: **Celsius gleich zehn Achtzehntel Klammer Fahrenheit minus zweiunddreißig Klammer zu.**

59. — 14. **ohne weiteres**, *directly, without other means.*

18. **Jenaer Hartglas.** Jena is a university town in the grand duchy of Saxe-Weimar, noted as well for the manufacture of fine quality glass for optical, thermometric, and chemical uses.

26. **um**, *by*, expressing degree of difference.

60. — 20. **kann . . . nur . . . die Rede sein**, *it is only a question of*, or, *we may only speak of.*

29. **0,001**. Cf. note to **2**, 1.

61. — 4. **Dabei ist jedoch zu beachten**, *in so doing, it is, however, to be noted.*

24. **zwar** limits or specifies.

27. **Das am meisten . . . Wasser**, *water manifests the most marked deviation.*

62. — 22. **indem man . . . tauchen läßt**, *by immersing.* Cf. note to **46**, 3.

63. — 1. **um**. Cf. note to **59**, 26.

3. **0,003665**. Cf. note to **2**, 1.

64. — 15. **um . . . um**, *in order to . . . by.* The first with infin. denotes purpose; the second expresses degree of difference.

19. **10,2·200**. Express in words: **zehn zwei Zehntel mal zwei hundert.**

25. $\frac{10{,}2}{89{,}8}=0{,}114$. Express in words: **zehn zwei Zehntel geteilt durch (dividiert durch) neunundachtzig acht Zehntel gleich (macht, ist) hundertvierzehn Tausendstel.**

65. — 7. **von . . . abgesehen**, *aside from unimportant exceptions.*

23. **Dem Schmelzen . . . voran**, *a softening often precedes the melting.*

67. — 9. **Entsprechendes gilt für**, *the same holds true for.*

11. **verharrt . . . das Thermometer**, *the thermometer remains.*

69. — 13. **indem der Druck . . . steigt und . . . macht**, *the pressure rising and making.* Note finally that the English pres. part. gives the best translation of a clause introduced by **indem**.

16. **Papinschen Topfes**. Denis Papin (1647–1712), a French savant, invented his digester in 1681.

70. — 15. **wird die . . . Wärmemenge der . . . Flüssigkeit . . . und . . . Umgebung entzogen**, *the heat is taken from the liquid and its surroundings.* **Entziehen** has dative, privative object, denoting that from which something is taken.

71. — 11. **bei unmittelbarer Berührung . . . zum unmittelbar benachbarten**, *in case of immediate contact . . . to the immediately adjoining.* **Unmittelbarer** (adj.), **unmittelbar** (adv.).

15. **beliebig große Entfernungen**, *any distances, however great.*

16. **eines . . . Mediums**, *of a ponderable medium which mediates the propagation.*

72. — 17. **kann auf . . . geschlossen werden**, *conclusions can be drawn as to.*

18. **zwar**. Note finally that **zwar** has specifying force.

23. **oberhalb**, *above*, adv.

73. — 1. **Ähnlich verhält es sich bei**, *the same condition holds in the case of.*

9. **verschiedener Wirkungen fähig**, *capable of different effects;* genitive with **fähig**.

74. — 11. **würde . . . in unveränderter Menge bestehen bleiben können**, *would remain constant.*

17. **lebendige Kraft**, *kinetic energy.*

22. **die zugrunde liegende Theorie**, *the theory upon which it is based.*

77. — 11. **Erhaltung der Kraft**, *conservation of energy.*

13. **sich in jenen Satz zusammenfassen lassen**, *can be included in this principle.*

33. **in einem gemeinschaftlichen Maße**, *by a common standard.*

78. — 25. **der Reihe nach mehrere**, *several in a series.*

79. — 6. **Lavoisier**. Cf. note to **43**, 12.

14. **Bestandteile des Blutes und der . . . Gewebe**, *constituents of the blood and of the tissues permeated by the blood.*

21. **jedesmaligen Feuchtigkeitsgehalt**, *humidity, at any and all times.*

80. — 22. **Den umgekehrten Gang befolgt die relative Feuchtigkeit**, *the reverse holds true of the relative humidity.*

81. — 19. **Sättigung**, dat. after **entsprechen.**

83. — 15. $\frac{8{,}2}{13{,}5} = 60\%$. Express in words: **acht Komma zwei dividiert durch dreizehn Komma fünf gleich sechzig Prozent.**

18. **Unter je schieferem . . . um so geringer**, *the more oblique . . . the less.*

84. — 8. **Schlagintweit**. Hermann, Adolf, and Robert von Schlagintweit, brothers, all distinguished naturalists, were born in Munich in the years, respectively, 1826, 1829, and 1833. They published numerous works concerning the physical geography and geology of the Alps, and were honored with the friendship of Alexander von Humboldt and the recognition of their distinguished services by the king of Prussia.

14. **in ihrer räumlichen Verbreitung**, *in its distribution.*

86. — 12. **a. d. Saale, an der Saale**. Halle, seat of a famous university, lies on the Saale, a branch of the Elbe.

88. — 8, 17, 22. Note the frequency of the "P. C." Give a literal and two free translations of each.

23. **verhält sich dem elektrischen Pendel gegenüber**, *behaves with respect to the electric pendulum.* **Pendel** in dat. after **gegenüber**.

25. **Allein**, meaning *but*, as a connective, is always placed first in its clause.

90. — 13. **haften bleibt**, *remains clinging.* The infin. with **bleibt**, denoting a condition, has the value of a pres. part.

20. **vereinigt gewesenen**, *which have been united.*

28. **Verbindet man . . . leitend**, *if one connects.*

92. — 33. **resp., respektiv'.** Trans.: *or.*

93. — 4. **etwa**, *let us say.*

6. **den zu untersuchenden Körper**, *the body which is to be studied.* Cf. note to **47**, 17.

26. **Braunschen**, *of Braun.*

94. — 5. **fertig**, *standard.*

95. — 3. **leitend verbunden.** Cf. note to **90**, 31.

12. **daß es . . . nicht nur auf . . . ankommt**, *that it is not simply a question of.*

96. — 7. **Berührt man . . . ableitend**, *if one conducts away, by contact.*

29. $+E$, $-E$. Express in words: **positive Elektrizität, negative Elektrizität.**

97. — 15. **aufgestelltes . . . bekleidetes.** Always trans. the participles in the order in which they occur. Thus: *a room, so arranged as to be insulated and fully lined.*

18. **Wie stark . . . auch**, *however strongly.* Cf. **wer . . . auch**, *whoever;* **was . . . auch**, *whatever.*

27. **das Verhältnis**, here *ratio.*

99. — 6. How many "P. C.'s" in this paragraph?

26. K'. Read **K Strich.**

102. — 10. **größerer**, *considerable.*

26. **indem man . . . in leitende Verbindung setzt**, *by connecting.*

31. **wirkt . . . verteilend auf**, *exercises a distributive effect upon.*

103. — 10. **Es werde . . . geladen**, *let the inner coating be charged.* **Werde** is imperative subj.

27. **isoliert aufgestellte Metallkugel**, *a metal sphere, so placed as to be insulated.*

104. — 9. **gleichnamige bezw. ungleichnamige**, *like or unlike.*

19. $k = \frac{m \cdot m'}{r^2}$. Express in words: **k gleich m mal m eins** (or **m**

Strich) **geteilt durch r Quadrat.** r^2 may be read also **r hoch zwei** or **r in der dritten Potenz.**

24. **Coulomb.** Charles Augustus de Coulomb (1736–1806), a learned French physicist, the inventor of the Torsion Balance, which he used in the determination of the laws of magnetism and electricity.

105. — 23. **9·10¹⁴.** Express in words: **neun mal zehn vierzehn hoch.**

106. — 13. **1:2:3.** Express in words: **eins zu zwei zu drei.**

33. **Magnus.** Heinrich Gustav Magnus (1802–1870), a professor at Berlin, distinguished for his experiments in heat, physics of gases, etc.

107. — 12. **etwa.** Cf. note to **93, 4.**

29. **Es sei . . . abgeleitet,** *let the upper plate be discharged to the earth.* Cf. note to **103, 10.**

108. — 16. **so geht . . . voraus,** *an electric influence precedes the spark discharge.*

109. — 20. **die letztere wird . . . vorteilhaft . . . umgossen,** *it is advantageous to cover.*

110. — 7. **Daß dies . . . von . . . herrührt, geht daraus hervor, daß,** *that this is due to,* etc., *is shown by the fact that.*

18. **wie aus . . . hervorgeht,** *as is evidenced by.*

111. — 27. **begriffener,** not to be translated.

29. **Wheatstone** (1802–1875), professor of experimental philosophy in King's College, London. In 1834, he published an "Account of Experiments to Measure the Velocity of Electricity and the Duration of Electric Light." Inventor of the stereoscope, he claimed to be also the inventor of the electric telegraph.

112. — 12. **daß es sich . . . um . . . handelt,** *that it is a question of.*

18. **daß von . . . überhaupt nicht die Rede sein kann,** *that it cannot at all be a question of.*

113. — 3. **Es seien.** Cf. below **möge** (l. 5) and **vergleiche** (**114,** 5). In each case, trans.: *let.* Cf. note to **103, 10.**

115. — 5. **alles Entstehen und Vergehen,** *all life and death.*

19. **wie wir sonst wollen,** *as we will.*

116. — 6. **Black, Cavendish, Priestley.** Black, Joseph. Born in 1728, he became professor of chemistry at Edinburgh in 1766. Originator of the theory of latent heat.

Cavendish, Henry (1730–1810), chemist, mathematician and natural philosopher. He discovered the properties of hydrogen gas

and the composition of water, demonstrated the proportions of oxygen and nitrogen in the air, etc.

Priestley, Joseph (1733–1804). By vocation a theologian, he won distinction as a physicist and chemist. The discoverer of oxygen.

23. **um das Mehrfache,** *(by) several fold.* Cf. note to **59**, 26.

117. — 20. **alle Biegungen der Haupt- und Zeitwörter,** *all inflections of nouns and verbs.*

118. — 10. **angewandte Chemie,** *applied chemistry.*

32. **unserm Willen untertan zu machen,** *to subject to our will.*

119. — 14. **willkürlich hervorgerufenen Erscheinungen,** *phenomena, evoked arbitrarily,* or *of our free will.*

121. — 6. **kann an . . . nie gedacht werden,** *it is impossible to think of.*

8. **muß . . . fremd bleiben,** *must remain a stranger to.*

24. **an Bildern nur zu ersinnen vermag,** *is able to conceive, even in fancy.*

25. **gegen die Wirklichkeit gehalten,** *as compared with the reality.*

122. — 10. **kann auf das verwiesen werden,** *reference can be made to that which.*

13. **dem . . . Eisenoxyd.** *Treat* in full this "P. C." Cf. "P. C.," note "d."

123. — 8. **Lothringen,** *Lorraine,* one of the two provinces in southwestern Germany taken from the French in the War of '70.

10. **Thomasverfahren.** The "Thomas process," known also as the "Basic Bessemer process," is a modification of the ordinary Bessemer process. The converter is lined with basic material instead of silica, and a basic slag is used, whereby phosphorus is eliminated from the metal.

14. **Siegerland, Steiermark.** Siegerland, a district of western Prussia, along the river Sieg, rich in iron ore, and possessing many blast furnaces; for Steiermark, cf. note to **15**, 8.

26. **gelangen . . . zur Verhüttung,** *are smelted.*

124. — 4. **Es bedarf . . . Zuschläge,** *there is need, therefore, on the one hand, of suitable fluxes.*

10. **sofern der Eintritt . . . vermieden werden soll,** *in so far as the occurrence of,* etc., *is to be avoided.*

13. **wie aus der Besprechung der Silikate erinnerlich,** *as we remember in the discussion of the silicates.*

19. **müssen dem Druck der . . . Beschickung Widerstand leisten,** *must withstand the pressure of the layer,* etc.

126. — 14. **indem die . . . Gase . . . weggeleitet werden,** *the gases being conducted away,* etc.

127. — 23. **auf dessen Verwertung zurückzukommen sein wird,** *to whose utilization we shall refer later.*

128. — 3. **erst,** *only.* Note again the negative value of **erst.**

129. — 18. **die dem Hochofen zuzuführende Luft,** *the air which is to be conducted to the furnace.* Cf. note to **47,** 17.

130. — 4. **in steigendem Umfange,** *in increasing measure.*

131. — 2. **nach erfolgtem Abstich,** *when the tapping is completed.*

20. **es liegt . . . vor,** *we have.*

132. — 28. **dessen Beschaffung . . . Güte,** *the procuring of which in sufficient quantity and purity.*

133. — 18. **Die Ausdünstungen der Steinkohlenfeuerungen.** These gaseous products are: sulphur gases, carbon dioxide, and water vapor.

27. **nach Art und Menge,** *in nature and quantity.*

134. — 26. **Tritt . . . zutage,** *comes to the surface.*

32. **wie dies im größten Umfang . . . geschieht,** *as is actually done on an exceedingly large scale.*

136. — 9. **Hieraus ergibt sich,** *from this it results.*

12. **keimfreies bezw. keimarmes,** *with no germs, or but few.*

23. **pathogen′,** *pathogenic,* i.e., disease producing.

137. — 8. **Handelt es sich . . . um,** *if it is a question in the case of drinking water of.*

28. **andere . . . sich ausscheidende Stoffe,** *other substances which separate out.*

138. — 6. **ist man . . . übergegangen,** *one has resorted to.*

26. **Was die Mineralwasserfabrikation betrifft,** *so far as the manufacture of mineral water is concerned.*

33. **u. dergl., und dergleichen,** *and the like.*

139. — 2. **der herrschenden Mode folgend,** *pursuing the ordinary method.*

23. **den Stoffen . . . Wärme entzieht,** *withdraws heat from the substances.*

140. — 15. **bzw. industriellen Anlagen,** *or of industrial plants.*

141. — 5. **Entgeht . . . ein großer Teil . . . Ausnutzung,** *if a large part is unused.* Cf. note to **17,** 20.

17. **Mark Brandenburg.** Brandenburg, now a province of Prussia, lies in the center of that kingdom, in the great northern plain. The margraves (**Markgrafen**) of Brandenburg played an important

rôle in German history as early as the fifteenth century. The margraviate afterwards grew into the present kingdom of Prussia.

142. — 2. **läßt sich Generelles nicht sagen,** *no general statement can be made.*

22. **die älteren bestehenden,** *those already existing.*

29. **auch nur einigermaßen,** *even to a moderate degree.*

143. — 23. **einzelne herausgegriffene Beispiele,** *individual illustrations, taken at random.*

28. **aus.** Cf. note to **5**, 23.

144. — 9. **Riemen-, Seil- und Wellentransmission,** *transmission by belt, cable, and shaft.*

17. **ließen sich . . . anführen,** *might be cited.*

29. **P. S., Pferdestärke** = *horse-power* (*H. P.*).

145. — 5. **Ganz besonders . . . Geltung,** *this effect is seen to a very marked degree.*

23. **welcher . . . begriffen ist,** *which is still in a state of active development.*

29. **anstatt . . . auf . . . angewiesen zu sein,** *instead of being limited to.*

146. — 1. **zur Erzielung . . . Wagenverkehrs,** *to secure a more rapid movement of trains and at shorter intervals.*

147. Rheinuferbahn. This important interurban connects the cities of Cologne and Bonn. The line is somewhat more than eighteen miles in length. Among the important towns on the line is Wesseling, about half-way, where the power plant is situated. The road has important connections and was built for both passenger and freight traffic.

8. **Das sorgfältig . . . Anforderungen,** *great demands were made* (*upon the engineering contractors*) *by the carefully worked-out plan.*

21. **Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft,** known as the **A. E.-G.,** the largest electrical company of Germany, and closely affiliated with the General Electric of this country.

23. **die freie Strecke,** *the rural line.*

27. **Siemens-Schuckertwerke.** The Siemens-Schuckert company is the chief rival of the **A. E.-G.**

148. — 33. **um die Vorteile . . . zur Geltung kommen zu lassen,** *to secure the full advantages of alternating current.*

149. — 4. **Ganz abgesehen davon, daß,** *leaving quite out of consideration the fact that.*

23. **so trug man keine Bedenken,** *they had no hesitation.*

29. **dem Umstand Rechnung tragend,** *taking into consideration the circumstance that.*

150. — 13. **an und für sich,** *when operating independently.*

23. **mit Rücksicht auf die . . . Umlaufszahl,** *in view of the great number of revolutions, which was not without danger on account of the high voltage.*

32. **unter Berücksichtigung der . . . Abänderungen,** *the changes recommended by Professor Rinkel to be taken into consideration.*

151. — 21. **eine der beiden liegenden Dampfdynamos,** *one of the two horizontal steam-driven generators.*

152. — 10. **durch ein Becherwerk . . . zugeführt wird,** *is carried to the fire by bucket- and belt-conveyers.*

18. **stoßweise erheblich mehr,** *for short periods considerably more.*

27. **Da nicht schienenfreie Überwege vorhanden sind,** *since there are grade crossings.*

153. — 1. **Stromabnehmerbügel.** Instead of a wheel at the end of a trolley pole, a bow-shaped wire device is used which ensures contact even on sharp curves, at switches and in reversing. We may call it a "bow-trolley."

6. **welche pendelnd . . . aufgehängt sind,** *which are suspended.*

21. **75 qmm.** In our electrical plants, the cross-section of wires is usually reckoned in "circular mills," a circular mill being the area of a circle one thousandth of an inch in diameter.

VOCABULARY

Accents are indicated only for verbs compounded with separable prefixes, and for other parts of speech where pronunciation may be doubtful. Grammatical plurals are omitted when a noun has no logical plural.

A

ab, down; **von da —**, from that time.
Abänderung, *f.*, **–en**, change.
ab'bilden, to represent, sketch.
Abbildung, *f.*, **–en**, representation, sketch, cut, illustration.
ab'brennen, to burn (off).
ab'dampfen, to evaporate.
abends, evenings, in the evening.
aber, but, but yet, however.
abermals, again.
Abfall, *m.*, **⸚e**, decrease.
ab'färben, to discolor, stain.
ab'fließen, to flow off, discharge itself.
ab'füllen, to fill (from a cask); **in Flaschen —**, to bottle.
Abgabe, *f.*, **–n**, submitting (of a bid).
ab'geben, to give up.
Abhandlung, *f.*, **–en**, treatise.
Abhang, *m.*, **⸚e**, slope.
ab'hangen, to depend upon.
abhängig, dependent.
ab'heben, to lift off.
ab'kühlen, to cool (off), chill.
Abkühlung, *f.*, **–en**, cooling.
ab'lagern, to deposit, settle.
Ablagerung, *f.*, **–en**, deposit.
ab'lassen, to draw off (water, steam).
ab'leiten, to conduct (away); **—d**, conductively.
Ableiter, *m.*, **–**, discharger.
Ablenkung, *f.*, **–en**, deflection, diversion.
ab'lesen, to read.
Ablesung, *f.*, **–en**, reading.
ab'löschen, to slack (lime).
Ab'nahme, *f.*, **–n**, decrease.
ab'nehmen, to take off (away), diminish, decrease.
Abplattung, *f.*, **–en**, flattening.
ab'rösten, to roast (away).
ab'scheiden, to separate, disengage; *refl.*, to be separated.
Abscheidung, *f.*, **–en**, separating out, precipitation.
ab'schleifen, to grind off, polish.
ab'schleudern, to throw off.
Abschluß, *m.*, **⸚sse**, exclusion.
Abschlußteil, *m.*, **–e**, closing device.
Abschnitt, *m.*, **–e**, section.
ab'schrägen, to bevel.
ab'schwächen, to weaken.
ab'schwemmen, to wash away.
ab'sehen, to turn the eyes from, leave out of the question; **abgesehen von**, apart from.
ab'setzen, to deposit.
absolut', absolute.
absorbieren, to absorb.
Absorption', *f.*, **–en**, absorption.
Absorptions'mittel, *n.*, **–**, absorptive medium.
ab'spalten, to split off.
Abstand, *m.*, **⸚e**, distance.
ab'stechen, to tap (a furnace),

"run off" iron, "cast"; "flush" (used of slag).
ab′steigen, to descend.
Abstich, *m.*, –**e**, tapping, cast, flush (slag).
ab′stoßen, to repel.
Abstoßung, *f.*, –**en**, repulsion.
Abtötung, *f.*, –**en**, killing.
abwärts, downward.
Abwasser, *n.*, –, ⁻̈, waste water, sewage.
Abwässerbeseitigung, *f.*, –**en**, sewage disposal.
abwechselnd, alternate.
ab′weichen, to deviate, differ.
Abweichung, *f.*, –**en**, deviation.
ab′wenden, to turn away.
ab′wischen, to wipe off.
Achat′, *m.*, –**e**, agate.
Achse, *f.*, –**n**, axle, axis.
Ackererde, *f.*, –**n**, arable land.
Ackerkrume, *f.*, –**n**, arable soil.
Adhäsion′, *f.*, –**en**, adhesion.
Affinität′, *f.*, –**en**, affinity.
Afrika, *n.*, Africa.
Aggregat′, *n.*, –**e**, aggregate, set.
Aggregat′zustand, *m.*, ⁻̈**e**, state of aggregation (solid, liquid, gaseous state of matter).
Agrikultur′, *f.*, agriculture.
ähnlich, similar, like.
Akkumulator′, *m.*, –**en**, accumulator; —**enbatterie′**, *f.*, –**n**, storage battery.
Akt, *m.*, –**e**, action.
Alkali, *n.*, –**en**, alkali.
alkalihaltig, alkaline.
Alkalimetalle, *n.*, *pl.*, alkaline metals.
Alkalimetalloxyd′, *n.*, oxide of an alkaline metal.
alkalisch, alkaline.
Alkohol, *m.*, alcohol.
all, all; **vor —em**, above all; **aus —edem**, from all this (that).
allein′, *adj.*, alone, single; *adv.*, only; *conj.*, but.
allerdings, it is true, to be sure.
allgemein′, universal, general, common; **im —en**, in general.
allmäh′lich, gradual.
Allu′vium, *n.*, –**ien**, alluvium.
Alpe, *f.*, –**n**, Alps.
Alphabet′, *n.*, –**e**, alphabet; rudiments.
alpin′, Alpine.
als, as, than, being; — **ob**, — **wenn**, as if, as though.
alsbald, immediately.
alsdann, then.
also, thus, so, accordingly; then.
alt, old.
Alter, *n.*, –, age; **von alters her**, of old.
altmodisch, old-fashioned.
Alumi′nium, *n.*, aluminium, aluminum.
Alumi′niumblech, *n.*, sheet aluminum.
Alumi′niumbronze, *f.*, –**n**, aluminum bronze.
Alumi′niumoxyd′, *n.*, aluminum oxide (Al_2O_3).
Alumi′niumscheibe, *f.*, –**n**, aluminum disk.
Alumi′niumsilikat′, *n.*, –**e**, aluminum silicate.
Amalgam′, *n.*, –**e**, amalgam.
amalgamieren, to amalgamate.
Amalgam′schicht, *f.*, –**en**, layer of amalgam.
amerika′nisch, American.
Amethyst′, *m.*, –**e**, amethyst.
Ammoniak′, *n.*, ammonia.
Ammoniak′behälter, *m.*, –, ammonia tank.
Ammoniak′gas, *n.*, –**e**, ammonia gas (NH_3).
Ammoniak′salz, *n.*, –**e**, ammonium salt.

Ammoniak′verbindung, *f.*, **–en**, ammonia compound.
amorph′, amorphous, shapeless, non-crystalline.
Ampere, *n.*, **–**, ampere.
Amperestunde, *f.*, **–n**, ampere-hour.
an, at, on, in, to, by.
analog′, analogous.
Analy′se, *f.*, **–n**, analysis.
an′bieten, *refl.*, to offer.
an′brechen, to begin to break; **ein Fass —**, to tap a cask.
an′bringen, to fix, apply, attach, use.
an′dauernd, continual, permanent.
ander, second, other.
ändern, to alter, change.
ander(e)nfalls, otherwise.
anders, otherwise, in another manner.
ander(er)seits, on the other hand.
Änderung, *f.*, **–en**, change.
anderweitig, further.
an′deuten, to indicate.
an′einanderhaf′ten, to cling together.
an′erkennen, to acknowledge, recognize.
Anfahrperiode, *f.*, **–n**, starting period.
an′fangen, to begin.
an′fänglich, initial, original; *adv.*, at first.
Anfangsstadium, *n.*, **–ien**, initial stage.
an′fassen, to take hold of.
an′feuchten, to moisten.
Anforderung, *f.*, **–en**, demand.
an′fühlen, to feel, touch.
an′führen, to cite.
an′füllen, to fill.
Angabe, *f.*, **–n**, statement, estimate; *pl.*, data.
an′geben, to state, specify.
Angebot, *n.*, **–e**, bid.
angenehm, pleasant, agreeable.
angewandt, applied.
an′greifen, to attack, affect.
Anhaftekraft, *f.*, **⸚e**, adhesion.
an′häufen, to accumulate.
Anilin′, *n.*, **–e**, aniline.
Anilin′farbenfabrikation′, *f.*, **–en**, manufacture of aniline dyes.
an′kommen, to arrive; *impers.*, **es kommt auf etwas an**, it depends upon, etc.
Anlage, *f.*, **–n**, laying out, establishment, plant.
Anlaß, *m.*, **⸚sse**, occasion.
an′legen, to put, place; *refl.*, to attach.
annähernd, approximate.
Annäherung, *f.*, **–en**, approach.
Annahme, *f.*, **–n**, assumption.
an′nehmen, to take, assume.
a′nomal′, anomalous.
an′organisch, inorganic.
an′reiben, to rub.
an′rühren, to mix.
an′sammeln, to collect; *refl.*, to accumulate.
Ansammlung, *f.*, **–en**, accumulation.
Ansammlungsapparat′, *m.*, **–e**, accumulator.
Ansatz, *m.*, **⸚e**, addition.
an′saugen, to suck, absorb.
Anschein, *m.*, **–e**, appearance.
an′schlagen, to strike.
an′schließen, to fit (close).
Anschluß, *m.*, **⸚sse**, connection.
an′schmelzen, to solder, fuse.
an′sehen, to look at (upon); take for, regard.
Anseh(e)n, *n.*, appearance.
an′setzen, to affix.
Ansicht, *f.*, **–en**, view, opinion.
anstandslos, unhesitatingly.

anstatt, instead of.
Ansteckungsstoff, *m.*, –**e**, infectious matter.
an′stehen, to be contiguous.
an′stellen, to institute; **einen Versuch** —, to make an experiment.
Anstrichfarbe, *f.*, –**n**, paint.
Anthrazit′, *m.*, –**e**, anthracite.
an′treiben, to drive.
Antwort, *f.*, –**en**, answer.
antworten, to answer.
an′wärmen, to heat a little.
an′weisen, to assign; **angewiesen sein (auf)**, to be restricted to.
an′wenden, to employ, use.
Anwendung, *f.*, –**en**, use, using, application.
Anzahl, *f.*, –**en**, number.
an′zeigen, to show, indicate.
an′ziehen, to attract; draw in, imbibe.
Anziehung, *f.*, –**en**, attraction.
Anziehungskraft, *f.*, ⁼**e**, attractive power, force of attraction.
an′zünden, to light, kindle.
Apatit′, *m.*, –**e**, apatite, phosphorite.
Apparat′, *m.*, –**e**, apparatus.
Äquivalent′, *n.*, –**e**, equivalent.
Äquivalent′zahl, *f.*, –**en**, equivalent number.
Aragonit′, *m.*, aragonite.
Arbeit, *f.*, –**en**, work.
arbeiten, to work.
Arbeiter, *m.*, –, workman.
Arbeitsbetrieb, *m.*, conduct of work (business).
Arbeitsvorrat, *m.*, ⁼**e**, store of work (energy).
arm, poor.
arsenfrei, free from arsenic.
Arse′nik, *m.*, –**e**, arsenic.
Arse′nikvergiftung, *f.*, –**en**, arsenic poisoning.
Art, *f.*, –**en**, kind, sort, way, manner, method.
artesisch, artesian; —**er Brunnen**, artesian well.
Arti′kel, *m.*, –, article.
Arznei, *f.*, –**en**, medicine.
Arzneimittel, *n.*, –, medicine.
Arzt, *m.*, ⁼**e**, physician.
Asche, *f.*, –**n**, ash.
aschenreich, ashy, rich in ashes.
Asphalt, *m.*, –**e**, asphalt.
Asphaltlager, *n.*, –, bed of asphalt.
Astronomie′, *f.*, astronomy.
Atem, *m.*, –, breath.
atembar, respirable.
Ä′ther, *m.*, –, ether.
Ä′therhygrome′ter, *n.* (*m.*), –, ether hygrometer.
äthe′risch, volatile.
atlantisch, Atlantic.
atmen, to breathe.
Atmosphäre, *f.*, –**n**, atmosphere.
atmosphärisch, atmospheric.
Atmung, *f.*, –**en**, respiration.
Atmungsprozeß, *m.*, –**sse**, respiratory process.
Atmungswerkzeuge, *n.*, *pl.*, respiratory organs.
Atom′, *n.*, –**e**, atom.
Atom′gewicht, *n.*, –**e**, atomic weight.
Atom′gruppe, *f.*, –**n**, group of atoms.
atomi′stisch, atomistic.
Atom′theorie′, *f.*, –**n**, atomic theory.
Attribut′, *n.*, –**e**, attribute, symbol.
ätzen, to corrode; —**d**, caustic.
Ätzkali, *n.*, caustic potash, potassium hydroxide (KOH).
Ätzkalk, *m.*, caustic lime, quicklime, calcium oxide (CaO).
Ätzmittel, *n.*, –, corrosive.

Ätznatron, *n.*, caustic soda, sodium hydroxide (NaOH).
auch, also, likewise, even.
auf, on, upon, in, at; as to; to, into.
auf'bewahren, to keep, preserve
Aufbrausen, *n.*, effervescence.
auf'dringlich, intrusive, officious.
aufeinander, upon one another; —**folgend**, successive.
auf'fallend, plain, striking, unusual.
auf'fällig, striking, curious.
auf'fangen, to collect.
auf'fassen, to interpret.
Auffassung, *f.*, –**en**, conception.
auf'finden, to discover.
Auffindung, *f.*, –**en**, discovery.
auf'fordern, to urge, invite.
Aufgabe, *f.*, –**n**, task, problem.
auf'hängen, to suspend.
Aufhängung, *f.*, –**en**, suspension.
auf'heben, to raise, lift, do away with, neutralize, counterbalance.
auf'hören, to cease.
auf'klären, to explain.
auf'laden, to charge.
Aufladung, *f.*, –**en**, loading, charge, charging.
auf'legen, to lay on (upon).
auf'lösen, to loosen; *refl.*, to dissolve.
Auflösung, *f.*, –**en**, solution, dissolving.
Aufnahme, *f.*, –**n**, taking up, admission; reception, absorption.
auf'nehmen, to take up, hold.
Aufrechterhaltung, *f.*, –**en**, maintenance.
auf'saugen, to suck up, absorb.
Aufschlag, *m.*, **⸗e**, striking (upwards).
Aufschlagstelle, *f.*, –**n**, point of contact.
auf'schmelzen, to fuse on.
auf'schwemmen, to wash down, deposit.
Aufschwung, *m.*, **⸗e**, development, growth.
auf'setzen, to put on, attach.
Aufsichtsrat, *m.*, **⸗e**, board of directors.
auf'speichern, to store up.
auf'steigen, to ascend, rise.
Aufsteigen, *n.*, ascent.
auf'stellen, to set up, raise, erect, place, establish, lay down (principle).
Auftrag, *m.*, **⸗e**, task, work, commission.
auf'treffen, to strike.
auf'treten, to appear, occur.
Auftrieb, *m.*, –**e**, impulsion upward.
auf'wallen, to bubble (up), effervesce.
aufwärts, upward.
auf'wenden, to use.
auf'werfen, to throw up, turn out.
auf'winden, to wind up.
auf'ziehen, to draw (wind) up, draw on.
Auge, *n.*, –**n**, eye.
Augenblick, *m.*, –**e**, moment.
augenblicklich, momentary, instantaneous.
aus, out of, from, of; *adv.*, out.
aus'arbeiten, to work out, complete.
Ausatmungsluft, *f.*, **⸗e**, exhaled air.
Ausatmungsprodukt', *n.*, –**e**, product of exhalation.
aus'bilden, to form, develop.
Ausbildung, *f.*, –**en**, development.
aus'breiten, to extend; *refl.*, to spread out.

Ausbreitung, *f.*, **–en**, diffusion, extension, distribution.
Ausbruch, *m.*, **⸚e**, eruption.
aus'dehnen, to stretch (out), extend, spread; *refl.*, to expand; **ausgedehnt**, extensive.
Ausdehnung, *f.*, **–en**, extension, expansion, extent, dimension.
Ausdehnungskoeffizient', *m.*, **–en**, coefficient of expansion.
Ausdruck, *m.*, **⸚e**, expression.
aus'drücken, to express.
Ausdünstung, *f.*, **–en**, exhalation, gaseous product.
auseinander, apart.
aus'einanderfahren, to move asunder, recoil.
aus'einanderlaufen, to run away, separate hastily.
aus'fallen, to fall out, turn out (to be).
ausfindig; **— machen**, to discover.
Ausflußöffnung, *f.*, **–en**, mouth, outlet.
aus'frieren, to freeze through and through.
aus'führen, to perform, execute, carry through (out), finish.
aus'führlich, in detail.
Ausführung, *f.*, **–en**, making, execution, erection, carrying out.
aus'füllen, to fill (up, out).
Ausgabe, *f.*, **–n**, outlay, expenditure.
Ausgangsmaterial, *n.*, **–ien**, original matter, raw material.
aus'gehen, to go out, proceed, emanate.
Ausgleich, *m.*, **–e**, equalization.
aus'gleichen, to equalize.
aus'halten, to sustain.
aus'hämmern, to hammer out.
aus'kommen, to get along with.
aus'kristallisieren, to crystallize out.
aus'laugen, to leach.
Ausleger, *m.*, **–**, bracket.
aus'machen, to constitute.
aus'mitteln, to discover.
Ausnahme, *f.*, **–n**, exception.
ausnahmsweise, by way of exception.
ausnehmend, exceedingly.
aus'nutzen, to use (to the full), to make the most of.
Ausnutzung, *f.*, **–en**, use.
Ausnutzungsgebiet, *n.*, **–e**, sphere of use.
aus'reichen, to suffice; **—d**, sufficient.
aus'rüsten, to equip.
Ausrüstung, *f.*, **–en**, equipment.
aus'scheiden, to separate, secrete, excrete, remove, eliminate, withdraw.
Aus'scheidung, *f.*, **–en**, separation.
Ausschlag, *m.*, **⸚e**, divergence.
aus'schlagen, to beat out, cover.
aus'schließen, to exclude, prevent.
aus'schließ'lich, exclusive.
aus'schmelzen, to melt (out), clear by melting.
aus'schütten, to empty.
Aussehen, *n.*, appearance.
außen, without, outward, on the outside; **nach —**, outwards; **von — her**, from without.
Außenwand, *f.*, **⸚e**, outer wall.
außer, out of, outside of, besides.
äußer, outer, exterior, external.
außerdem, besides.
außergewöhnlich, extraordinary.
außerhalb, on the outside, outside of.
äußerlich, external.
äußern, to manifest; *refl.*, to show itself.

außerordentlich, extraordinary, excessive.
äußerst, exceedingly.
aus'setzen, to expose.
Aussicht, *f.*, –**en**, view, prospect; **in — nehmen**, to contemplate (a plan).
aus'spannen, to stretch out.
aus'sprechen, to express.
Ausstrahlung, *f.*, –**en**, radiation.
aus'strömen, to stream forth, escape.
Ausströmung, *f.*, –**en**, streaming out, escape.
aus'treiben, to drive out, expel.
aus'treten, to come forth.
Austritt, *m.*, –**e**, leaving.
aus'üben, to exercise, exert.
Auswahl, *f.*, –**en**, choice.
aus'wittern, to decompose through exposure to the air.
Auswitterungsprodukt', *n.*, –**e**, product of decomposition.
aus'zeichnen, *refl.*, to distinguish oneself, excel.
aus'ziehen, to draw out, extract, distill.
Auszug, *m.*, ⸚**e**, extract, essence.

B

Bach, *m.*, ⸚**e**, brook, watercourse.
Backkohle, *f.*, –**n**, baking coal, forge coal.
Backpulver, *n.*, –, baking powder.
Badeschwamm, *m.*, ⸚**e**, bath sponge.
Bahn, *f.*, –**en**, track, way; road, railway.
Bahnbetrieb, *m.*, –**e**, railway operation.
Bahnhof, *m.*, ⸚**e**, (railway) station.
Bahnstrom, *m.*, ⸚**e**, line current.
Bakte'ri-e, *f.*, –**n**, bacterium; *pl.*, bacteria.
Bakte'rienwirkung, *f.*, –**en**, bacterial action.
bakteriolo'gisch, bacteriological.
bald, soon; **— . . . —**, now . . . now.
Ball, *m.*, ⸚**e**, ball.
Ballon', *m.*, –**s**, balloon.
Bambus, *m.*, –**se**, bamboo cane.
Barome'ter, *n.* (*m.*), –, barometer.
Barome'terstand, *m.*, ⸚**e**, height of the barometer.
Baryt', *m.*, barytes, barium sulphate ($BaSO_4$).
Base, *f.*, –**n**, base.
basisch, basic.
Batterie', *f.*, –**n**, battery.
Bau, *m.*, –**e**, –**ten**, building, erection.
Bauart, *f.*, –**en**, construction.
bauen, to build.
Baumgrenze, *f.*, –**n**, tree limit.
Baustein, *m.*, –**e**, building stone.
Baute, *f.*, –**n**, building; **öffentliche —n**, public buildings, public works.
Bauwerk, *n.*, –**e**, (architectural) structure.
Bayern, *n.*, Bavaria.
beachten, to heed, notice, observe.
Beachtung, *f.*, –**en**, consideration.
Beanspruchung, *f.*, –**en**, strain, demand, load.
beanspruchen, to claim, require.
Beantwortung, *f.*, –**en**, answer (-ing).
bearbeiten, to work, fashion.
Bearbeitung, *f.*, –**en**, working.
Beauxit', *n.*, –**e**, beauxite.
Becher, *m.*, –, cup.

Becherwerk, *n.*, –**e**, chain-pump, bucket conveyer.
bedacht, thoughtful, mindful; **auf etwas — sein**, to take care to do something.
Bedarf, *m.*, –**e**, need, necessary supply.
Bedarfsarti'kel, *m.*, –, article of necessity.
bedecken, to cover.
bedenken, to consider.
Bedenken, *n.*, –, hesitation; — **tragen**, to have hesitation about.
bedeuten, to signify, represent, indicate; —**d**, considerable, important.
bedeutsam, significant, important.
Bedeutung, *f.*, –**en**, meaning, import, importance.
bedienen, to serve; **sich einer Sache** —, to make use of something.
bedingen, to condition, involve the necessity of, be affected by.
Bedingung, *f.*, –**en**, condition.
bedürfen, to need.
Bedürfnis, *n.*,–**se**, need, necessity.
beein'flussen, to influence.
Beendigung, *f.*, –**en**, termination.
befähigen, to enable, make capable.
befassen, *refl.*, to occupy oneself with.
befestigen, to fasten.
befeuchten, to moisten, wet.
befinden, *refl.*, to be (found), be situated.
befindlich, to be found, being situated.
befolgen, to follow, obey.
befördern, to forward, favor, convey.
Beförderung, *f.*, –**en**, furtherance, conveyance, transportation.
befreien, to set free.
begeben, *refl.*, to betake oneself.
begehren, to desire.
begierig, eager.
Beginn, *m.*, beginning.
beginnen, to begin.
begleiten, to accompany.
begraben, to bury.
Begriff, *m.*, –**e**, conception, notion, idea.
begriffen; **in etwas — sein**, to be engaged in something.
begründen, to found, establish, work out.
Begründer, *m.*, –, founder.
Begründung, *f.*, –**en**, establishment.
begrüßen, to greet, welcome.
begünstigen, to favor, promote.
behalten, to keep.
Behälter, *m.*, –, receptacle.
behandeln, to treat.
Behandlung, *f.*, –**en**, treatment.
Beharrungsvermögen, *n.*, (force of) inertia.
beherrschen, to rule (over), control.
behufs, with a view to, in behalf of.
bei, at, near, by, in, with, in view of, in the care of.
bei'behalten, to keep, retain, preserve.
beide, both, two.
beiderseits, on both sides (ends).
Beifügung, *f.*, –**en**, addition.
bei'mengen, to mix (with).
Beimengung, *f.*, –**en**, admixture.
beinahe, almost, nearly.
Beispiel, *n.*, –**e**, instance, example.
beispiellos, unexampled.
bei'tragen, to contribute.

Beiwagen, *m.*, –, trailer.
bekannt, familiar, (well) known.
bekanntlich, as is known.
Bekanntschaft, *f.*, –**en**, acquaintance.
bekleiden, to clothe, cover.
bekommen, to receive, have, obtain.
Belastung, *f.*, –**en**, load.
Belegung, *f.*, –**en**, covering, coating.
belehren, to instruct, inform.
Beleuchtung, *f.*, –**en**, illumination.
Beleuchtungszweck, *m.*, –**e**, purpose of illumination.
Belgien, *n.*, Belgium.
beliebig, optional, desired, to one's liking; any.
beliebt, highly thought of.
bemerkbar, perceptible, noticable.
bemerken, to see, perceive, observe.
benachbart, neighboring.
benennen, to call, name.
benötigen, to have need of, necessitate.
benutzen, to use, utilize.
Benutzung, *f.*, –**en**, use, employment.
beob'achten, to observe.
Beob'achtung, *f.*, –**en**, observation.
bequem, convenient, easy.
Bequemlichkeit, *f.*, –**en**, convenience, comfort.
berechnen, to calculate, compute.
bereiten, to prepare.
bereits, already.
Bereitung, *f.*, –**en**, preparation, manufacture.
Berg, *m.*, –**e**, mountain.
Bergkristall', *m.*, –**e**, rock crystal.
bergmännisch, practiced by miners, relating to mining.
Bergwerk, *n.*, –**e**, mine.
Bergwerkschacht, *m.*, –**e**, shaft of a mine.
Berliner, of Berlin.
berücksichtigen, to consider.
Berücksichtigung, *f.*, –**en**, consideration.
beruhen; auf etwas —, to rest upon, depend on, be founded on.
berühren, to touch, graze.
Berührung, *f.*, –**en**, contact.
Berührungsstelle, *f.*, –**n**, place of contact.
beschaffen, to procure, get, supply; — **sein**, to be constituted.
Beschaffenheit, *f.*, –**en**, quality, nature, condition, constitution, character.
Beschaffung, *f.*, providing, accumulation.
Beschäftigung, *f.*, –**en**, employment.
Beschickung, *f.*, –**en**, mixture of ores, flux, charge.
beschlagen, to become moist, be coated.
beschleunigen, to hasten.
beschließen, to decide.
beschränken, to limit.
beschreiben, to describe.
beschweren, to load, weight down.
beseitigen, to do away with, remove.
Beseitigung, *f.*, removal, elimination.
besitzen, to possess, have, own.
besonder, particular, special, separate, detached; **im** —**en**, especially.
besonders, especially.
bespannen, to cover.
besprechen, to discuss, consider.

Besprechung, *f.*, –**en**, discussion, consideration.
besser, better.
best, best; **am —en**, best.
beständig, permanent, stable, continuous.
Beständigkeit, *f.*, stability.
Bestandteil, *m.*, –**e**, constituent (part), ingredient.
bestätigen, to confirm, prove.
bestehen, to exist; — **aus**, to consist of, be composed of.
Bestehen, *n.*, existence.
bestimmen, to fix, determine, define, regulate.
bestimmt, definite.
Bestimmung, *f.*, –**en**, determination, regulation.
bestreben, to endeavor; **bestrebt sein**, to be inclined.
Bestreben, *n.* (**Bestrebung**, *f.*), endeavor, effort, tendency.
bestreichen, to besmear, coat.
Besuch, *m.*, –**e**, visit.
betätigen, to exemplify; *refl.*, to become manifest.
Betätigung, *f.*, –**en**, inciting, operation.
betäuben, to deafen.
Betäubung, *f.*, stupor.
betonen, to emphasize.
Betracht, *m.*, consideration; **in — kommen**, to come into consideration.
betrachten, to consider, regard, examine, observe.
beträchtlich, considerable.
Betrachtung, *f.*, –**en**, consideration.
Betrag, *m.*, ⸗**e**, amount.
betragen, to amount to; *refl.*, to behave.
betrauen, to entrust.
betreffen, to fall upon, concern; —**d**, respective, proper.
betreiben, to manage, operate, drive.
betreten, to tread upon, enter.
Betreten, *n.*, entering.
Betrieb, *m.*, –**e**, operation (of a business).
Betriebskraft, *f.*, ⸗**e**, power, force.
Betriebssicherheit, *f.*, safety of operation.
Betriebsspannung, *f.*, –**en**, operating voltage.
Betriebsstörung, *f.*, –**en**, interruption of the traffic; interference with operation.
betupfen, to touch (gently).
Beugung, *f.*, –**en**, inflection.
beur'teilen, to judge.
Beur'teilung, *f.*, –**en**, estimate.
bevor, before.
bewahren, to keep, preserve.
bewegen, to move, stir.
Bewegung, *f.*, –**en**, motion, movement.
Bewegungsenergie', *f.*, –**n**, energy of motion, kinetic energy.
Bewegungsnerv, *m.*, –**en**, motor nerve.
Beweis, *m.*, –**e**, proof, evidence.
bewirken, to effect, cause, accomplish.
bewohnen, to inhabit.
bewölken, to cloud (over).
bewundern, to admire.
bezeichnen, to mark, designate, indicate.
Bezeichnung, *f.*, –**en**, designation.
Beziehung, *f.*, –**en**, reference, relation, respect.
beziehungsweise (**bezw.**), respectively, or.
Bezug, *m.*, ⸗**e**, relation, reference; **in — auf**, with respect to.
bezüglich, relative to, respecting.

bezwecken, to have in view, aim at.
Bier, *n.*, –**e**, beer.
Bierdruckapparat′, *m.*, –**e**, apparatus for the compression of beer.
bieten, to offer.
Bikarbonat′, *n.*, –**e**, bicarbonate.
Bild, *n.*, –**er**, picture, idea.
bilden, to form, constitute.
Bildung, *f.*, –**en**, formation.
Billard′ball, *m.*, ⸚**e**, billiard ball.
billig, cheap.
Bindemittel, *n.*, –, binder.
binden, to bind, fix, hold.
Bindung, *f.*, –**en**, union.
Binnengewässer, *n.*, –, inland-water.
biolo′gisch, biological.
bis, till, until; — **dahin**, so far, up to; — **jetzt**, up to the present; — **vor kurzem**, until recently.
bisher′, up to this time, previously.
biswei′len, sometimes.
Bittererde, *f.*, –**n**, magnesia.
Bitterwasser, *n.*, –, ⸚, sulphatic water.
blank, polished, shining, bright.
Blase, *f.*, –**n**, bubble.
blasig, honeycombed.
Blatt, *n.*, ⸚**er**, leaf, sheet.
Blattalumi′nium, *n.*, sheet aluminum.
Blättchen, *n.*, –, small leaf, leaflet, lamina.
Blätterkohle, *f.*, –**n**, slate coal.
Blattgold, *n.*, goldfoil, goldleaf.
blau, blue.
blaugrau, bluish gray.
bläulich, bluish.
Blechkanister, *m.*, –, sheet-metal can.
Blei, *n.*, –**e**, lead.
Bleibecher, *m.*, –, lead beaker.
bleiben, to remain; —**d**, permanent; **stehen** —, to stop; **haften** —, to cling to.
bleichen, to bleach.
Bleiglanz, *m.*, galena, lead sulphide (PbS).
bleigrau, lead-gray.
Bleikammer, *f.*, –**n**, lead chamber.
Bleirohr, *n.*, –**e**, lead pipe.
Bleistift, *m.*, –**e**, (lead) pencil.
Bleistück, *n.*, –**e**, piece of lead.
blenden, to dazzle.
Blick, *m.*, –**e**, look.
Blitz, *m.*, –**e**, lightning.
Blitzlicht, *n.*, –**e**, flash light.
Block, *m.*, ⸚**e**, block; —**apparat**, *m.*, –**e**, block signal.
bloß, sole, mere, simple.
Blut, *n.*, blood.
Bluthusten, *m.*, –, coughing up blood, cough accompanied by blood.
Blutwärme, *f.*, blood heat, temperature of the blood.
Boden, *m.*, ⸚, ground, soil, floor, bottom, (landed) property.
Bodenbestandteile, *m.*, *pl.*, constituents of the soil.
Bodentemperatur′, *f.*, –**en**, temperature of the sea bottom, temperature of the ground (soil).
Bogenlampe, *f.*, –**n**, arc lamp.
Böhmen, *n.*, Bohemia.
bohren, to bore, drill.
Bohrloch, *n.*, ⸚**er**, boring.
Bombe, *f.*, –**n**, shell, cylinder.
Bonn, (city of) Bonn.
Borneo, *n.*, Borneo.
Bottich, *m.*, –**e**, tub, vat.
Brand, *m.*, ⸚**e**, burning.
Brandblase, *f.*, –**n**, blister.
Brandwunde, *f.*, –**n**, burn.
Brasi′lien, *n.*, Brazil.

brauchbar, fit for use, serviceable.
brauchen, to use, employ, need.
braun, brown.
Brauneisenstein, *m.*, –e, brown iron ore, brown hematite.
bräunen, to make brown.
Braunkohle, *f.*, –n, brown coal, lignite.
Braunkohlenlager, *n.*, –, bed of lignite.
bräunlich, brownish.
Braunstein, *m.*, manganese dioxide (MnO_2).
Brausepulver, *n.*, –, effervescent powder, Seidlitz powder.
brechbar, frangible, fragile, brittle.
brechen, to break.
Brechung, *f.*, –en, refraction.
Brei, *m.*, –e, paste.
breiig, pulpy.
Bremse, *f.*, –n, brake.
brennbar, combustible.
brennen, to burn.
Brenner, *m.*, –, burner.
Brennmaterial′, *n.*, –ien, fuel.
Brennmaterial′ersparnis, *f.*, –se, saving of fuel.
Brennstoff, *m.*, –e, fuel, combustible material.
Brett, *n.*, –er, board.
Brillant′form, *f.*, –en, form of a brilliant.
Brillenglas, *n.*, ⸗er, spectacle glass, lens.
bringen, to bring, put, place.
Brocken, *m.*, –, fragment.
Brom, *n.*, bromine (Br).
Bronze, *f.*, –n, bronze.
Brot, *n.*, –e, bread.
Bruch, *m.*, ⸗e, fracture, break.
Bruchteil, *m.*, –e, fraction, fractional part.
Brücke, *f.*, –n, bridge.
Brunnen, *m.*, –, well.
Buch, *n.*, ⸗er, book.
Buchstabe, *m.*, –n, letter, character.
Büfett, *n.*, –s, bar.
Bufferbatterie′, *f.*, –n, buffer battery, floating battery.
Bügel, *m.*, –, bent piece of wood *or* iron, bow-trolley.
Bunsenflamme, *f.*, –n, Bunsen flame.
bunt, gay colored.
Butter, *f.*, butter.
Büschel, *m.*, *n.*, –, tuft, cluster.
Büschelentladung, *f.*, –en, brush discharge.
büschelförmig, tufted.

C

Ceylon, *n.*, Ceylon.
Chalzedon′, *m.*, –e, chalcedony.
Champa′gner, *m.*, –, champagne.
Charak′ter, *m.*, –e, character.
charakteristisch, characteristic.
chargieren, to charge.
Chaussee, *f.*, –n, highway, macadamized road.
Chemie′, *f.*, chemistry.
Chemiker, *m.*, –, chemist.
chemisch, chemical.
China, *n.*, China.
chirur′gisch, surgical.
Chlor, *n.*, chlorine (Cl).
Chlorbleiche, *f.*, –n, chlorine bleach(ing).
Chlorgas, *n.*, chlorine gas (Cl).
Chlorit′, *m.*, chlorite.
Chlorkalium, *n.*, potassium chloride (KCl).
Chlorkalk, *m.*, chloride of lime ($CaOCl_2$).
Chlorkalzium, *n.*, calcium chloride ($CaCl_2$).
Chlorkalziumlösung, *f.*, –en, solution of calcium chloride.

Chlormagnesium, *n.*, magnesium chloride ($MgCl_2$)
Chlornatrium, *n.*, sodium chloride (NaCl).
Chlornatriumgehalt, *m.*, amount of sodium chloride.
Chlorsäure, *f.*, chloric acid ($HClO_3$).
Chlorsaureskalium (**kali**), *n.*, potassium chlorate ($KClO_3$).
Chlorwasser, *n.*, –, ⸗, chlorine water.
Chlorwasserstoff, *m.*, hydrochloric acid (HCl).
Chlorwasserstoffgas, *n.*, –**e**, hydrochloric acid gas.
Chlorwasserstoffsäure, *f.*, hydrochloric acid, muriatic acid (HCl).
Chrom, *n.*, chrome (Cr).
civilisieren. See **zivilisieren**.
Cornwall-Kessel, *m.*, –, Cornwall boiler.
Coulomb′, *m.*, coulomb.
cylindrisch. See **zylindrisch**.

D

da, *adv.*, there, here, then, where, when; *conj.*, as, since.
dabei′, therewith, in doing so.
dadurch′, thereby, by this means.
dafür′, for it, instead of that, on the other hand.
dage′gen, on the other hand.
daher′, *adv.*, thence; *conj.*, for that reason, hence, therefore.
dahin′, thither, to it, so far, thereto; —**führend**, leading thither.
da′mals, at that time.
damit′, *adv.*, therewith, with it, thereby, by it; *conj.*, that, in order that.
Dampf, *m.*, ⸗**e**, steam, vapor.
Dampfbildung, *f.*, –**en**, formation of steam.
Dampfdynamo, *m.*, –**s**, steam-driven generator.
dampfförmig, gaseous.
Dampfkessel, *m.*, –, (steam) boiler.
Dampfkesselheizung, *f.*, steam-boiler heating.
Dampfmaschine, *f.*, –**n**, steam engine.
Dampfmenge, *f.*, –**n**, quantity of steam.
Dampfschiff, *n.*, –**e**, steam vessel, steamship.
Dampfzustand, *m.*, ⸗**e**, state of vapor.
da(**r**)**nach′**, accordingly.
dann, then, next, thereupon.
daran′, thereon, therein, thereby.
darauf′, upon that, thereupon, afterwards; **gleich** —, directly afterward.
daraus′, therefrom, from that.
dar′bieten, to present.
darin′, therein.
dar′legen, to show, explain.
dar′stellen, to represent, produce, prepare, make, manufacture; *refl.*, to present itself.
Darstellung, *f.*, –**en**, representation, production.
darü′ber, over it, thereon.
darum′, concerning that, for that reason, therefore.
darun′ter, among these.
daselbst, there, at that place.
daß, that, in order that.
Dauer, *f.*, duration, continuation.
dauern, to last; —**d**, permanent.
davon′, thereof, therefrom, whereof, of that, of it, off, away.

dazu′, thereto, for that, for it, for that purpose.
dazwi′schen, between (them).
Decke, *f.*, **–n**, covering.
Deckel, *m.*, –, cover.
Deckung, *f.*, **–en**, covering, meeting.
definieren, to define.
dehnbar, extensible.
Dehnbarkeit, *f.*, ductility, malleability.
dem′entspre′chend, corresponding to this (that).
demnach′, accordingly.
demnächst′, after that.
denkbar, conceivable.
denken, to think.
Denken, *n.*, thought, speculation.
denn, for, because, then, indeed.
dennoch′, nevertheless.
der, **die**, **das**, *def. art.*, the; *demon. adj.* or *pron.*, this (one), that (one), he, she, it; *rel. pron.*, who, which, that.
der′artig, of such kind.
derglei′chen, such, the like.
der′jenige, **die′jenige**, **das′jenige**, that, he, she, that one.
dersel′be, **diesel′be**, **dassel′be**, the same, he, she, it, that.
des′halb, therefore.
desinfizieren, to disinfect.
Destillation′, *f.*, **–en**, distillation.
Destillation′(s)apparat′, *m.*, **–e**, apparatus for distilling.
Destillation′koks, *m.*, –, distillation coke.
Destillation′(s)gefäß, *n.*, **–e**, retort (for distilling).
destillieren, to distill.
Destillier′blase, *f.*, **–n**, still, alembic.
desto, the (more so); — **mehr**, (so much) the more; **je mehr . . . — besser**, the more . . . the better.
deutlich, distinct, clear.
Deutschland, *n.*, Germany.
Diamant′, *m.*, **–en**, diamond.
dicht, dense, thick, close, compact; *adv.*, close by.
Dichte, *f.*, **–n**, density.
Dichtigkeit, *f.*, **–en**, density.
Dichtigkeitsmaximum, *n.*, *pl.* **–maxima**, maximum density.
dick, thick.
Dicke, *f.*, thickness.
dickflüssig, sluggish, slow-flowing.
dickwändig, with thick walls.
dienen, to serve.
Dienerin, *f.*, **–nen**, (maid) servant.
Dienst, *m.*, **–e**, service.
dies (**dieser**, **diese**, **dieses**), this, that, this one, that one, the latter.
Dige′stor, *m.*, **–en**, digester.
Diluvialkies, *m.*, **–e**, diluvial gravel.
Dimension′, *f.*, **–en**, dimension.
direkt′, direct.
dirigieren, to direct, manage.
Divergenz′, *f.*, **–en**, divergence.
divergieren, to diverge.
doch, yet, however, after all.
Docht, *m.*, **–e**, wick.
Dolomit′, *m.*, **–en**, dolomite, magnesian limestone.
doppelt, two-fold.
doppeltkohlensaures Natrium, sodium bicarbonate ($NaHCO_3$).
Dorf, *n.*, **⸗er**, village.
dort, there.
Drache(n), *m.*, **–n**, kite.
Draht, *m.*, **⸗e**, wire, thread.
Drahtende, *n.*, **–n**, end of a wire.
d(a)raußen, without, outside.

Drehbank, *f.*, ⸗e, (turning) lathe.
drehbar, capable of being turned, turning.
drehen, to turn; *refl.*, to rotate, revolve.
Drehung, *f.*, –en, turning, revolution.
Drehungswinkel, *m.*, –, angle of revolution.
Drehwage, *f.*, –n, torsion balance.
drei, three.
dreifach, three-fold.
dringen, to rush (in), press forward.
dritt, third.
Drittel, *n.*, –, third.
drittens, thirdly.
drohen, to threaten.
Druck, *m.*, –e, pressure, burdensomeness.
drücken, to press.
Druckkraft, *f.*, ⸗e, pressure, force of compression.
Duft, *m.*, ⸗e, odor, fragrance.
Düngemittel, *n.*, –, fertilizer.
Düngerstätte, *f.*, –n, dung yard.
Düngewert, *m.*, –e, value for fertilization.
Dunglegen, *n.*, spreading of manure.
dunkel, dark.
dunkelbraun, dark brown.
dunkeln, to grow dark.
dünn, thin, slender.
dünnflüssig, mobile, easily flowing.
durch, through, by, by means of, in consequence of, by dint of; *adv.*, through, throughout.
durchaus', throughout, quite; — **nicht**, by no means.
Durchbohrung, *f.*, –en, perforation.
durch'brechen, to break through.
durchbre'chen, to pierce, perforate.
Durchbrechung, *f.*, –en, breaking through.
durch'dringen, to permeate.
durchdrin'gen, to penetrate, permeate.
durch'feuchten, to penetrate.
durchfeuch'ten, to soak.
durchflech'ten, to interweave.
Durchflußgeschwindigkeit, *f.*, –en, velocity of flow.
Durchgang, *m.*, ⸗e, passage.
durch'lässig, pervious.
durch'leiten, to conduct through.
durchlö'chern, to perforate, knock a hole through.
durch'scheinend, transparent, translucent.
durch'schlagen, to break through.
durchschla'gen, to penetrate.
durch'schnittlich, on the average.
durch'sichtig, transparent.
durchströ'men, to flow through, stream through.
dürfen, to be permitted, may, can.
Düse, *f.*, –n, nozzle, nose of a blast pipe.
Dyn, *n.*, –e, dyne, dynamical unit.
Dynamo, *m.*, –s, dynamo.
Dynamomaschine, *f.*, –n, dynamo (machine).

E

eben, plain, flat, smooth; *adv.*, exactly, precisely, just.
Ebene, *f.*, –n, plain.
ebenfalls, likewise.
ebenso, just as, just so.
echt, genuine, pure.

Ecke, *f.*, **–n**, angle, angular point.
edel, noble.
Edelmetall', *n.*, **–e**, precious metal.
Edelstein, *m.*, **–e**, precious stone.
effizient' (**eff.**), efficient.
Ei, *n.*, **–er**, egg.
eichen, to gauge.
Eierschale, *f.*, **–n**, egg shell.
eigen, own, private, special, individual.
Eigengewicht, *n.*, **–e**, density, specific weight.
eigens, expressly.
Eigenschaft, *f.*, **–en**, property, attribute.
ei'gentlich, proper, real.
ei'gentümlich, peculiar.
eignen, to qualify, be adapted; **geeignet**, fit, suitable.
ein, **eine**, **ein**, one, a, an.
einander, one another, each other.
ein'atmen, to inhale.
ein'bauen, to build in.
ein'blasen, to blow into.
ein'bringen, to bring in, harvest.
ein'büßen, to suffer loss.
ein'dringen, to press in, penetrate.
ein'drücken, to press in, flatten.
einerseits, on the one hand.
einfach, simple.
Einfluß, *m.*, **⸗sse**, influence.
ein'führen, to introduce.
Einführung, *f.*, **–en**, introduction.
ein'füllen, to pour in.
Eingang, *m.*, **⸗e**, entry; — **finden**, to find favor.
ein'gehen, to enter (into); **—d**, thorough.
ein'greifen, to lock, interlock; **tief —d**, far-reaching, complete.
Einheit, *f.*, **–en**, unit, unity.
ein'holen, to get, obtain.
einiger, **einige**, **einiges**, some, several.
einigermaßen, in some measure.
ein'leiten, to introduce.
Einleitung, *f.*, **–en**, introduction.
einmal, once.
ein'nehmen, to occupy, take up, fill.
einphasig, one phase, single phase.
ein'pressen, to press in.
ein'richten, to arrange, construct, equip, adapt.
Einrichtung, *f.*, **–en**, arrangement, contrivance, device.
eins, one.
ein'saugen, to absorb.
ein'schalten, to insert, switch in.
Einschaltung, *f.*, **–en**, insertion, switching in, connection.
ein'schließen, to enclose, include.
ein'sehen, to understand, perceive.
ein'sprengen, to intersperse.
ein'stampfen, to ram.
Einstellung, *f.*, **–en**, installation, coupling.
einstündig, of one hour.
ein'tauchen, to immerse.
ein'teilen, to divide.
ein'treten, to enter, set in, occur.
Eintritt, *m.*, **–e**, entrance, beginning, appearance.
ein'wirken, to act, operate.
Einwirkung, *f.*, **–en**, action, operation.
Einzelfunke, *m.*, **–n**, separate spark.
Einzelheit, *f.*, **–en**, detail.
einzeln, single, separate, individual; **der Einzelne**, the individual man; **im —en**, in particular.

Einzelzweig, *m.*, –**e**, separate branch.
einzig, only, single.
Eis, *n.*, ice.
Eisbereitung, *f.*, making of ice.
Eisen, *n.*, –, iron.
Eisenbahn, *f.*, –**en**, railway.
Eisenbahnschiene, *f.*, –**n**, rail.
Eisenerz, *n.*, –**e**, iron ore.
Eisenerzstück, *n.*, –**e**, piece of iron ore.
Eisenfeilspäne, *f.*, *pl.*, iron filings.
Eisengehalt, *m.*, –**e**, contents of iron.
Eisengußwaren, *f.*, *pl.*, iron castings, hardware.
eisenhaltig, ferriferous, chalybeate, containing iron.
Eisenhochofen, *m.*, ¨, iron blast furnace.
Eisenkarbonat′, *n.*, carbonate of iron ($FeCO_3$).
Eisenklein, *n.*, iron filings.
Eisenoxyd′, *n.*, ferric oxide (Fe_2O_3).
Eisenoxydoxydul, *n.*, magnetic oxide (Fe_3O_4).
Eisenoxydul′, *n.*, ferrous oxide (FeO).
Eisenoxyduloxyd′, *n.*, magnetic oxide, ferroso-ferric-oxide (Fe_3O_4).
Eisenoxyhydrat′ = **Eisenhydroxyd′**, *n.*, ferric hydrate ($H_6Fe_2O_6$).
Eisenröhre, *f.*, –**n**, iron tube.
Eisenrost, *m.*, –**e**, iron rust.
Eisensalzlösung, *f.*, –**en**, solution of iron sulphate.
eisenschwarz, iron-black.
Eisensorte, *f.*, –**n**, kind of iron.
Eisenstab, *m.*, ¨**e**, iron rod (bar).
Eisenstange, *f.*, –**n**, iron bar.
Eisenteil, *m.*, –**e**, iron part.
eisern, iron, made of iron.
Eisschicht, *f.*, –**en**, layer of ice.
Eisstückchen, *n.*, –, piece of ice.
elastisch, elastic.
Elastizität′, *f.*, –**en**, elasticity.
Elastizitäts′erscheinung, *f.*, –**en**, phase of elasticity.
Elastizitäts′grenze, *f.*, –**n**, limit of elasticity.
elektrisch, electric, electrical.
elektrisieren, to electrify.
Elektrisiermaschine, *f.*, –**n**, electrical machine.
Elektrizität′, *f.*, –**en**, electricity.
Elektrizitäts′art, *f.*, –**en**, type of electricity.
Elektrizitäts′bewegung, *f.*, –**en**, movement of electricity.
Elektrizitäts′gesellschaft, *f.*, –**en**, electrical company.
Elektrizitäts′menge, *f.*, –**n**, quantity of electricity.
Elektrizitäts′quelle, *f.*, –**n**, source of electricity.
Elektrizitäts′werke, *n.*, *pl.*, electric works, electric plant.
Elektrochemie′, *f.*, electro-chemistry.
Elektrode, *f.*, –**n**, electrode.
elektromoto′risch, electro-motive.
Elektrophor′, *m.*, –**e**, electrophorus.
Elektroskop, *n.*, –**e**, electroscope.
Elektrotech′nik, *f.*, electrical engineering.
Elektrotechniker, *m.*, –, electrician.
elektrotechnisch, electrotechnical.
Elektrotechnologie′, *f.*, electrical engineering.
Element′, *n.*, –**e**, element.
Elfenbein, *n.*, –**e**, ivory.
Elfenbeinkugel, *f.*, –**n**, ivory ball.

Elfenbeinplatte, *f.*, –**n**, ivory slab.
Ellenbogengelenk, *n.*, –**e**, elbow joint.
empfänglich, responsive.
empfehlen, to recommend; **es empfiehlt sich**, it is advisable.
empfindlich, sensitive.
Empfindung, *f.*, –**en**, sensation, feeling.
empor, up, upward.
empor′quellen, to rise.
empor′steigen, to rise.
Ende, *n.*, –**n**, end.
endigen, to end, terminate.
endlich, last, final.
End′produkt′, *n.*, –**e**, final product.
Energie′, *f.*, –**n**, energy.
Energie′form, *f.*, –**en**, form of energy.
Energie′gesetz, *n.*, –**e**, law of energy.
Energie′umsetzung, *f.*, –**en**, transformation of energy.
Energie′vorrat, *m.*, ⸗**e**, store of energy.
ener′gisch, energetic, vigorous.
eng(e), narrow, close.
England, *n.*, England.
Engländer, *m.*, –, Englishman.
englisch, English.
entbehrlich, unnecessary.
entdecken, to discover.
Entdeckung, *f.*, –**en**, discovery.
entfärben, to deprive of color, discolor.
entfernen, to remove; **entfernt**, distant.
Entfernung, *f.*, –**en**, removal, distance.
entfetten, to divest of fat.
entflammen, to kindle.
entgegen, against, in opposition to.
entge′genhalten, to hold toward (near).
entge′gensetzen, to oppose; —**gesetzt**, opposite.
entge′genströmen, to flow toward.
entge′gentreten, to advance toward.
entgehen, to escape.
enthalten, to contain.
entladen, to discharge.
Entladung, *f.*, –**en**, discharge.
Entladungsbahn, *f.*, –**en**, path of discharge.
Entladungsdraht, *m.*, ⸗**e**, discharge wire.
Entladungsfunke, *m.*, –**n**, discharge spark.
Entladungsschlag, *m.*, ⸗**e**, shock caused by discharge.
Entladungsstrom, *m.*, ⸗**e**, current of discharge.
entlassen, to dismiss, discharge.
Entleerung, *f.*, –**en**, evacuation.
entlocken, to draw (from).
entnehmen, to take (away).
entscheiden, to decide.
Entscheidung, *f.*, –**en**, decision.
entschließen, *refl.*, to decide.
Entschluß, *m.*, ⸗**sse**, resolution, decision.
entsprechen, to answer (to), correspond; —**d**, suitable.
entstehen, to come into existence, arise, originate, be formed, result.
Entstehung, *f.*, –**en**, origin.
entströmen, to stream *or* gush (from).
entwachsen, to outgrow.
entwalden, to clear of forests.
entweder, either; — . . . **oder**, either . . . or.
entweichen, to escape.
entwickeln, to develop, generate.

Entwicklung, *f.*, **–en**, development, formation.
Entwicklungsflasche, *f.*, **–n**, generating flask.
Entwurf, *m.*, **⸗e**, plan, sketch.
entziehen, to withdraw, take from.
entziffern, to decipher, explain.
entzünden, to ignite.
entzündlich, inflammable.
Entzündung, *f.*, ignition.
Entzündungstemperatur, *f.*, **–en**, temperature of ignition.
er, he.
erbauen, to build.
erblasen, to blow.
Erdalkalimetall′, *n.*, **–e**, alkaline earth metal.
Erdboden, *m.*, **⸗**, ground, soil.
Erde, *f.*, **–n**, earth, ground.
erdig, earthy.
Erdinnere, *n.*, interior of the earth.
Erdkörper, *m.*, **–**, terrestrial body.
Erdmasse, *f.*, **–n**, mass of the earth.
Erdmetall′, *n.*, **–e**, earthy metal.
Erdoberfläche, *f.*, **–n**, surface of the earth.
Erdreich, *n.*, earth, ground.
Erdrinde, *f.*, **–n**, crust of the earth.
erdrücken, to stifle, suppress, crush.
Erdschicht, *f.*, **–en**, stratum of earth.
Erdwärme, *f.*, temperature of the earth.
erfahren, to learn, experience, undergo.
Erfahrung, *f.*, **–en**, experience, mode of procedure.
erfinden, to invent.
Erfolg′, *m.*, **–e**, result, success.
erfolgen, to ensue, result.
erfolglos, unsuccessful.
erforderlich, requisite; **—enfalls**, if necessary.
erfordern, to require, demand.
erforschen, to investigate, explore.
Erforschung, *f.*, **–en**, investigation.
erfrischen, to refresh.
erfüllen, to fill.
ergeben, to yield, cause; *refl.*, to result.
Ergebnis, *n.*, **–se**, result.
ergründen, to fathom.
erhaben, lofty, eminent, illustrious.
erhalten, to keep, continue, maintain, receive, obtain.
Erhaltung, *f.*, conservation, maintenance; **— der (lebendigen) Kraft**, conservation of energy.
erhärten, to grow hard.
erheben, to lift, elevate; *refl.*, to rise.
erheblich, considerable.
Erhebung, *f.*, **–en**, elevation.
erhitzen, to heat.
Erhitzung, *f.*, heating.
erhöhen, to raise, increase.
Erhöhung, *f.*, raising, improvement.
erinnerlich, present to the recollection.
erinnern, to remind.
erkalten, to cool (down), grow cold.
erkennen, to perceive, recognize.
Erkenntnis, *f.*, **–se**, knowledge.
erklären, to explain.
Erläuterung, *f.*, **–en**, explanation.
erleichtern, to lighten, relieve, facilitate.
erleiden, to suffer, meet with.

erlernen, to learn, study.
erlöschen, to go out, be extinguished.
ermitteln, to ascertain.
Ermitt(e)lung, *f.*, ascertaining.
ermöglichen, to make possible.
erneuern, to renew.
Erneuerung, *f.*, –**en**, renewal.
erniedrigen, to lower, lessen.
Erniedrigung, *f.*, –**en**, lowering.
erörtern, to discuss.
erregen, to excite.
Erregungsstelle, *f.*, –**n**, point of excitation.
erreichen, to reach, attain, obtain.
errichten, to erect, build.
Errichtung, *f.*, –**en**, erection, establishment.
Ersatz, *m.*, ⸗**e**, substitute.
erscheinen, to appear.
Erscheinen, *n.*, appearance.
Erscheinung, *f.*, –**en**, phenomenon.
Erscheinungsform, *f.*, –**en**, manifestation, phase.
erschweren, to render difficult.
ersetzen, to replace.
ersichtlich, perceptible, clear.
ersinnen, to conceive, think out.
Ersparnis, *f.*, –**se**, saving.
Ersparung, *f.*, –**en**, saving.
erst, first, not before, only.
erstarren, to become stiff, congeal.
erste, first.
erstere, former.
erstgenannt, afore-mentioned.
ersticken, to suffocate.
Erstickungsanfall, *m.*, ⸗**e**, (fit of) choking.
erteilen, to give, impart.
erübrigen, to remain.
erwachsen, to grow.
Erwägung, *f.*, –**en**, consideration.
erwähnen, to mention, refer to.
erwärmen, to warm, heat.
Erwärmung, *f.*, –**en**, heating.
erwarten, to expect.
erweichen, to soften.
erweisen, *refl.*, to show oneself (to be), turn out (to be).
Erweiterung, *f.*, –**en**, enlargement.
erwerben, to acquire.
Erz, *n.*, –**e**, ore, metal.
Erzbergwerk, *n.*, –**e**, ore mine.
erzeugen, to beget, produce.
Erzeugnis, *n.*, –**se**, product.
Erzeugung, *f.*, –**en**, generation, production.
Erzeugungsstelle, *f.*, –**n**, generating plant.
erzielen, to obtain, produce (by aiming at).
Erzielung, *f.*, attaining, achievement.
es, it.
Essig, *m.*, –**e**, vinegar.
essigsauer, acetic, acetous.
Eta′ge, *f.*, –**n**, story (of a building).
etwa, let us say, perhaps, about.
etwas, something, some, any, a little.
Europa, *n.*, Europe.
eventuell′ (**ev.**), eventual.
ewig, endless.
exakt, exact.
Existenz′, *f.*, –**en**, existence.
existieren, to exist.
Exkrement′, *n.*, –**e**, excrement.
Expansionskraft, *f.*, ⸗**e**, expansive power, tension, elasticity.
Expedition′, *f.*, –**en**, expedition.
experimental′, experimental(ly).
Experimentier′kunst, *f.*, ⸗**e**, empiric art.
Experimental′physik′, *f.*, experimental physics.

Explosion′, *f.*, –**en**, explosion.
Extrastrom, *m.*, ⁼**e**, super-current.

F

Fabrik′, *f.*, –**en**, factory, manufactory.
Fabrik′arbeiter, *m.*, –, factory hand.
Fabrikation′, *f.*, making, manufacturing.
Fabrikations′methode, *f.*, –**n**, method of manufacture.
fabrik′mäßig, commercial(ly), in a factory.
Fach, *n.*, ⁼**er**, branch of science, subject.
Fachmann, *m.*, ⁼**er**, (–**leute**), expert, specialist.
Faden, *m.*, ⁼, thread, filament.
fähig, capable.
Fahrdraht, *m.*, ⁼**e**, trolley wire.
fahren, to move from place to place, go.
Fahrgeschwindigkeit, *f.*, –**en**, speed, rate of travel.
Fahrleitung, *f.*, –**en**, distributing system.
Fäkalien, *n.*, *pl.*, fecal substances.
Fäkalstoff, *m.*, –**e**, fecal substance.
Faktor, *m.*, –**en**, factor.
Fall, *m.*, ⁼**e**, fall, case.
fallen, to fall, occur.
fällen, to precipitate.
falls, in case.
Fami′lie, *f.*, –**n**, family.
fangen, to catch.
Farbe, *f.*, –**n**, color.
färben, to color, dye.
Farbenspiel, *n.*, brilliancy of color, iridescence.
Farbenstoff, *m.*, –**e**, coloring matter.
farblos, colorless.
Farblösung, *f.*, –**en**, coloring solution.
Farbstift, *m.*, –**e**, colored crayon.
Farbstoff, *m.*, –**e**, coloring matter, dye.
Färbung, *f.*, –**en**, hue.
Faser, *f.*, –**n**, filament.
Faß, *n.*, ⁼**sser**, cask, barrel.
Fassungsvermögen, *n.*, capacity.
fast, almost, nearly.
faul, rotten.
faulen, to rot.
Fäulnis, *f.*, –**se**, putrefaction.
Feder, *f.*, –**n**, feather, pen, spring.
fehlen, to fail, be wanting.
Feile, *f.*, –**n**, file.
fein, fine, delicate.
Feinheit, *f.*, –**en**, fineness.
feinkörnig, fine-grained.
Feld, *n.*, –**er**, field.
Feldflasche, *f.*, –**n**, canteen.
Feldspat, *m.*, –**e**, feldspar; —**führend**, carrying feldspar.
Felsart, *f.*, –**en**, *pl.* kinds of rock.
Felsen, *m.*, –, rock.
Fenster, *n.*, –, window.
fern, distant, far.
ferner, further, moreover.
Fernglas, *n.*, ⁼**er**, field glass, telescope.
Fernsprecher, *m.*, —, telephone.
Ferrihydroxyd′, *n.*, ferric hydroxide (Fe_2O_3).
Ferrobikarbonat′, *n.*, ferrous bicarbonate [$FeH_2(CO_3)_2$].
Ferromangan′, *n.*, ferromanganese.
Ferrosili′zium, *n.*, ferro-silicon.
fertig, finished, complete, standard.
Fertigkeit, *f.*, dexterity, skill.
fer′tigstellen, to prepare.
fest, solid, firm, fast, tight, fixed, steady.

fest'haften, to cling fast.
fest'halten, to hold fast.
Festigkeit, *f.*, –**en**, strength (of material), rigidity, stability.
Festigkeitslehre, *f.*, –**n**, theory of strength of materials.
fest'stellen, to establish.
Fett, *n.*, –**e**, fat, grease.
fett(**ig**), fat, fatty, oily.
fettsauer, sebacic; —**res Natron**, sodium solution of the fatty acids; —**res Kali**, potassium solution, etc.
feucht, moist, humid.
Feuchtigkeit, *f.*, –**en**, moisture, humidity.
Feuchtigkeitsgehalt, *m.*, –**e**, (amount of) moisture, humidity.
Feuchtwerden, *n.*, becoming moist.
Feuer, *n.*, –, fire.
Feueranzünden, *n.*, lighting of a fire.
feuerbeständig, fireproof, refractory.
feuerfest, incombustible.
feuerflüssig, molten.
feuern, to make a fire, heat.
Feuerschwamm, *m.*, ⸚**e**, touchwood, pyrotechnical sponge.
Feuerstein, *m.*, –**e**, flint.
Feuersteinpulver, *n.*, –, powdered flint.
Feuerung, *f.*, –**en**, firing, fires.
Figur', *f.*, –**en**, figure.
Filter, *m.*, –, filter.
Filterstoff, *m.*, –**e**, material of a filter.
Filtration', *f.*, –**en**, filtration.
Filtrations'prozeß, *m.*, –**sse**, filtration process.
filtrieren, to filter, filtrate.
Filtrier'schicht, *f.*, –**en**, filter layer.
finden, to find; *refl.*, to occur, exist, be.
Finger, *m.*, –, finger.
Firnis, *m.*, –**se**, varnish.
Firnisschicht, *f.*, –**en**, coat of varnish.
firnissen, to varnish.
Fischerei', *f.*, –**en**, fishery, fishing.
Fläche, *f.*, –**n**, expanse, surface.
Flächeneinheit, *f.*, –**en**, unit of surface.
Flächenstück, *n.*, –**e**, portion of surface.
Flamme, *f.*, –**n**, flame.
Flammenspektrum, *n.*, *pl.* –**tren**, –**tra**, spectrum of a flame.
Flasche, *f.*, –**n**, flask, bottle; **Leydener** —, Leyden jar.
Fleck, *m.*, –**e**, spot.
Fleisch, *n.*, –**e**, meat.
fleißig, diligent, industrious.
fliegen, to fly.
fliehen, to flee (from).
fließen, to flow.
Flora, *f.*, –**en**, flora.
Flöz, *n.*, –**e**, seam.
Flözgebirge, *n.*, –, fletz formation, sedimentary rocks.
flüchtig, volatile.
Flügel, *m.*, –, wing.
Flugstaub, *m.*, –**e**, smoke-dust, metallic dust.
Fluß, *m.*, ⸚**sse**, river.
Flußeisen, *n.*, –, ingot-iron, low-carbon steel.
Flußeisenfabrikation', *f.*, manufacture of ingot-iron.
Flußgebiet, *n.*, –**e**, river basin.
flüssig, fluid, liquid.
Flüssigkeit, *f.*, –**en**, fluid, liquid.
Flüssigkeitsoberfläche, *f.*, –**n**, surface of a liquid.
Flüssigkeitssäule, *f.*, –**n**, liquid column.

Flüssigkeitsströmung, *f.*, –**en**, convection of fluids, current in liquids.
Flüssigkeitsteilchen, *n.*, –, particle of a fluid.
Flußsäure, *f.*, hydrofluoric acid (HF).
Flußtal, *n.*, ⸚**er**, river valley.
Flußwasser, *n.*, –, river water.
Folge, *f.*, –**n**, result; **zur — haben**, to have as a result, cause.
folgen, to follow.
folgendermaßen, as follows.
Folgerung, *f.*, –**en**, conclusion, consequence.
folglich, consequently.
Foraminiferen, *pl.*, foraminifera.
Förderband, *m.*, ⸚**er**, transport belt, endless belt.
fordern, to demand.
fördern, to further, promote; **zutage —**, to draw up, bring to light.
Form, *f.*, –**en**, form, shape, frame.
Formation′, *f.*, –**en**, formation, group.
Formel, *f.*, –**n**, formula.
Formveränderung, *f.*, –**en**, change of form.
Forschung, *f.*, –**en**, investigation.
fort, on, forth.
Fortbewegung, *f.*, –**en**, transmission.
fort′bringen, to remove.
Fortentwicklung, *f.*, –**en**, continuous development.
fort′fallen, to be removed, be done away with.
fort′leiten, to transmit.
Fortleitung, *f.*, –**en**, transmission, taking away.
fort′pflanzen, to propagate, transmit, spread.
Fortpflanzung, *f.*, –**en**, transmission, diffusion.
Fortpflanzunggeschwindigkeit, *f.*, –**en**, velocity of transmission.
fort′reißen, to carry along (with).
fort′schreiten, to proceed, progress; —**d**, progressive.
Fortschritt, *m.*, –**e**, progress, advance.
fort′setzen, to continue; **fortgesetzt**, continuously.
fortwährend, continually, constantly.
fossil′, fossil.
Frage, *f.*, –**n**, question.
fragen, to ask, question.
Frankreich, *n.*, France.
Fräse, *f.*, –**n**, cutting-file, cutting-wheel.
frei, free, open, uncombined.
freilich, to be sure, of course.
freistehend, exposed.
Freiwerden, *n.*, being set free.
fremd, strange; **— bleiben**, to remain a stranger to.
Freude, *f.*, –**n**, pleasure.
frisch, fresh, clean.
Frucht, *f.*, ⸚**e**, fruit.
fruchtbringend, fruit-bearing, profitable.
früh, early.
früher, earlier, former.
fühlbar, perceptible.
führen, to lead, conduct, bear.
Führerstand, *m.*, ⸚**er**, motorman's cab (platform).
Führung, *f.*, –**en**, conduction.
Fuhrwerk, *n.*, –**e**, vehicle, wagon.
Fülle, *f.*, abundance.
füllen, to fill.
Füllung, *f.*, filling.
Fundament′, *n.*, –**e**, foundation.
Fundamental′punkt, *m.*, –**e**, fundamental point.
Fundamental′satz, *m.*, ⸚**e**, fundamental principle.

Fundort, *m.*, –e, place where found, habitat.
fünffach, five-fold.
Funke(n), *m.*, –n, spark.
Funkenbild, *n.*, –er, spark image.
Funkenentladung, *f.*, –en, spark discharge.
Funkeninduk'tor, *m.*, –en, induction coil.
funktionieren, to act, perform a function.
für, for, to, instead of.
Fußboden, *m.*, ¨, floor.
Fußstein, *m.*, –e, floor stone.

G

Gabel, *f.*, –n, fork.
Gallert, *n.*, –e, jelly, gelatine.
galvanisch, galvanic.
Galvanoplastik, *f.*, electro-metallurgy, electrotypy.
Gang, *m.*, ¨e, action, course, marking, gradation.
ganz, whole, entire; *adv.*, quite.
gänzlich, whole, total.
gar, at all, even, very.
Garantie', *f.*, –n, guaranty, surety.
gären, to ferment, effervesce.
Gärung, *f.*, –en, fermentation.
Gas, *n.*, –e, gas.
Gasart, *f.*, –en, kind of gas.
Gasflamme, *f.*, –n, gas flame.
gasförmig, gaseous.
Gaskohle, *f.*, –n, gas coal.
Gaskoks, *m.*, –, gas coke.
Gasleitung, *f.*, –en, gas conduit.
Gasleitungsrohr, *n.*, –e, gas pipe.
Gasmasse, *f.*, –n, quantity of gas.
Gasmotor, *m.*, –en, gas engine.
gattieren, to mix (ores).
Gebäck, *n.*, –e, pastry, baking.
Gebäude, *n.*, –, building.
geben, to give; *impers.*, there is, are, was, were, etc.
Gebiet, *n.*, –e, district, domain, province.
Gebirge, *n.*, –, mountain chain, mountains.
Gebirgsgehänge, *n.*, –, hill or mountain slope.
Gebirgsmasse, *f.*, –n, (mass of) mountains.
Gebläse, *n.*, –, blast-engine, blast apparatus.
Gebläseluft, *f.*, ¨e, blast-air.
Gebläsemaschine, *f.*, –n, blowing engine.
Gebrauch, *m.*, ¨, use, employment.
gebrauchen, to use.
gebräuchlich, customary, usual, common.
gebrauchsfähig, fit for use, capable of being used.
Gebrauchswasser, *n.*, –, water (for ordinary use).
Gebrauchszweck, *m.*, –e, purpose for which used.
Gedanke, *m.*, –n, thought, idea.
gedeihen, to thrive.
Gedeihen, *n.*, growth.
gedeihlich, successful.
gediegen, native, pure.
geeignet, suitable.
Gefahr, *f.*, –en, danger.
gefährlich, dangerous.
Gefäll(e), *n.*, –e, fall.
Gefäß, *n.*, –e, vessel, receptacle.
Gefolge, *n.*, train, consequences; **im — haben**, to be attended with.
gefrieren, to freeze.
Gefrierpunkt, *m.*, –e, freezing point.
gegen, towards, to, against, in comparison with.

Gegend, *f.*, **–en**, region, country.
ge'geneinanderstoßen, to knock together.
Gegenmittel, *n.*, –, antidote.
Gegensatz, *m.*, **⸗e**, opposition, contrast.
gegenseitig, mutual.
Gegenstand, *m.*, **⸗e**, object, subject.
Gegenstromapparat', *n.*, **–e**, counter-current apparatus.
gegenü'ber, opposite, in the presence of, in respect to, compared with.
gegenü'berstehen, to stand opposite.
gegenü'berstellen, to place opposite.
Gegenwart, *f.*, presence.
gegenwärtig, present; *adv.*, at present.
Gehalt, *m.*, **–e**, contents, amount.
Gehäuse, *n.*, –, case, box.
gehen, to go; **vor sich —**, to take place, proceed.
Gehirn, *n.*, **–e**, brain.
gehören, to belong to, appertain to.
gehörig, belonging to, appertaining to.
Geiser, *m.*, –, geyser.
Geist, *m.*, **–er**, mind, spirit.
Geistesbildung, *f.*, culture of the mind.
geistig, mental, intellectual.
geistreich, ingenious, clever.
gelangen, to come to a place, reach, attain.
geläufig, well-known, familiar.
gelb, yellow.
gelbbraun, yellowish brown.
gelblich, yellowish.
gelegen, situated.
Gelegenheit, *f.*, **–en**, opportunity.
gelehrt, learned, well-read; **ein Gelehrter**, a learned person.
Geleise, *n.*, –, track.
gelingen, to succeed.
gelten, to be of value, prevail, be current, be valid, hold true; **sich —d machen**, to make itself felt.
Geltung, *f.*, value; **zur — kommen**, to attain value, make itself felt.
gemein, common.
gemeinschaftlich, common; *adv.*, in company.
Gemenge, *n.*, –, mingling, mixture.
Gemisch, *n.*, **–e**, mixture.
genau, accurate, exact, in detail; *adv.*, closely; **aufs —ste**, to a tittle.
Genauigkeit, *f.*, accuracy.
Generation', *f.*, **–en**, generation.
generell', general.
Genius, *m.*, **–ien**, genius.
genügen, to suffice; **—d**, sufficient.
Genuß, *m.*, **⸗sse**, enjoyment, pleasure, taking food *or* drink.
Genußmittel, *n.*, –, delicacy.
geographisch, geographical.
Geologie', *f.*, geology.
geolo'gisch, geological.
geradezahlig, even-numbered.
geradezu, straightway, without ceremony.
Geräusch, *n.*, **–e**, noise.
geräuschlos, noiseless.
Gerberei', *f.*, **–en**, tannery.
gering', little, small, slight.
gern, with pleasure; **— tun**, to like to do.
Geruch, *m.*, **⸗e**, smell, odor.
geruchlos, odorless.
gesamt, entire, collective.
Gesamtsumme, *f.*, **–n**, sum total.

Geschäftsverkehr, *m.*, commercial intercourse.
geschehen, to happen, occur.
Geschicklichkeit, *f.*, skill, dexterity.
Geschmack, *m.*, ⸗e, taste.
geschmacklos, tasteless.
Geschwindigkeit, *f.*, –**en**, velocity, rapidity, speed.
Gesell(e), *m.*, –(**e**)**n**, comrade.
Gesellschaft, *f.*, –**en**, society.
Gesetz, *n.*, –**e**, law.
gesetzmäßig, conformable to law.
Gesetzmäßigkeit, *f.*, conformity to law.
Gesichtspunkt, *m.*, –**e**, point of view.
Gestalt, *f.*, –**en**, shape, form.
gestalten, to form, shape; *refl.*, to take shape.
gestaltlos, shapeless, formless.
gestatten, to permit.
Gestein, *n.*, –**e**, stone, rock, mineral.
Gesteinsmasse, *f.*, –**n**, mass of rock.
Gestell, *n.*, –**e**, crucible, hearth (-casing).
gesund, healthy.
Gesundheit, *f.*, health.
Gesundheitsverhältnis, *n.*, –**se**, sanitary condition.
Getränk, *n.*, –**e**, drink, beverage.
Getreide, *n.*, grain.
Getreideart, *f.*, –**en**, species of grain.
Geübtheit, *f.*, skill.
Gewächs, *n.*, –**e**, plant.
gewähren, to afford, give.
gewaltig, powerful, enormous.
gewaltsam, violent, forcible.
Gewandtheit, *f.*, dexterity, ability.
Gewässer, *n.*, *pl.*, expanse of water (rivers, streams, lakes etc).
Gewebe, *n.*, –, tissue.
Gewerbe, *n.*, –, trade, business.
gewerblich, industrial.
Gewicht, *n.*, –**e**, weight.
Gewichtsmenge, *f.*, –**n**, quantity by weight.
Gewichtsteil, *m.*, –**e**, part by weight.
Gewichtsverlust, *m.*, –**e**, loss by weight.
gewinnbringend, profitable.
gewinnen, to win, obtain, gain.
Gewinnung, *f.*, obtaining, extraction.
gewiß, certain.
Gewitter, *n.*, –, thunder storm.
Gewitterwolke, *f.*, –**n**, thunder cloud.
gewöhnen, to accustom to.
Gewohnheit, *f.*, –**en**, custom, usage.
gewöhnlich, usual, general, ordinary.
Gicht, *f.*, –**en**, throat (of a furnace).
Gichtgas, *n.*, –**e**, blast-furnace gas.
gießen, to pour, cast.
Gießerei′eisen, *n.*, –, foundry iron.
Gift, *n.*, –**e**, poison.
giftig, poisonous.
Gips, *m.*, –**e**, gypsum.
Gittermast, *m.*, –**e**, –**en**, girder pole.
Gitterwerk, *n.*, –**e**, lattice-work, grating.
Glanz, *m.*, luster.
glänzen, to be bright, shine; —**d**, bright, brilliant, glossy.
Glanzkohle, *f.*, –**n**, anthracite.
Glas, *n.*, ⸗**er**, glass.
glasartig, vitreous.

Glaselektrizität', *f.*, **–en**, vitreous electricity.
Glasfabrikation', *f.*, manufacture of glass.
Glasgefäß, *n.*, **–e**, glass vessel.
Glasglocke, *f.*, **–n**, bell glass, bell jar.
glasig, glassy, vitreous.
Glaskugel, *f.*, **–n**, glass globe.
Glaslager, *n.*, **–**, storehouse for glass.
Glasplatte, *f.*, **–n**, glass plate.
Glasröhre, *f.*, **–n**, glass tube.
Glasscheibe, *f.*, **–n**, pane (disk) of glass.
Glasschicht, *f.*, **–en**, layer of glass.
Glasstab, *m.*, **⁼e**, glass rod.
Glasstiel, *m.*, **–e**, glass handle.
Glasur', *f.*, glazing.
Glaswand, *f.*, **⁼e**, glass wall.
glauben, to believe, think.
gleich, like, similar, equal; *adv.*, immediately, equally.
gleichbleibend, constant.
gleichfalls, likewise.
gleichförmig, uniform.
Gleichgewicht, *n.*, equilibrium.
gleichgroß, equally large.
gleichmäßig, uniform.
gleichnamig, having the same name, like, similar.
gleichsam, as it were.
Gleichstrom, *m.*, **⁼e**, direct current (D. C.).
Gleichstromausrüstung, *f.*, **–en**, direct-current equipment.
Gleichstromkraftwerk, *n.*, **–e**, direct-current power plant
Gleichstromprojekt', *n.*, **–e**, direct-current plan.
Gleichstromstrecke, *f.*, **–n**, direct-current line (stretch).
Gleichung, *f.*, **–en**, equation.
gleichzeitig, simultaneous, at the same time.
Gleis, *n.* (see **Geleise**), track.
gleiten, to glide.
glimmen, to glow.
Glimmer, *m.*, **–**, mica.
Glimmerplatte, *f.*, **–n**, leaf of mica.
Glimmlicht, *n.*, **–er**, **–e**, glow-light.
Glimmlichtentladung, *f.*, **–en**, glow-discharge.
Glocke, *f.*, **–n**, bell, receiver, bell-jar.
Glorienschein, *m.*, halo.
glühen, to glow.
Glühlampe, *f.*, **–n**, incandescent lamp.
Glyzerin', *n.*, **–e**, glycerine, glycerol.
Gold, *n.*, gold.
Goldblättchen, *n.*, **–**, gold-leaf, leaf-gold.
Goldblattelek'troskop, *n.*, **–e**, gold-leaf electroscope.
goldgelb, golden.
Goldschaum, *m.*, **⁼e**, leaf-gold.
Goldschicht, *f.*, **–en**, coating of gold. .
Golfstrom, *m.*, Gulf Stream.
Grad, *m.*, **–e**, degree.
graduell', gradual.
Gramm, *n.*, **–e**, gram, gramme.
Grammkalorie', *f.*, **–n**, gram-calorie.
Granat', *m.*, **–e**, **–en**, garnet.
Granit', *m.*, **–e**, granite.
Granit'fels, *m.*, **–en**, granite rock.
Graphit', *m.*, **–e**, graphite.
grau, gray.
grauschwarz, grayish black.
greifbar, tangible, comprehensible.
greifen, to grasp; **zu einem Mittel —**, to have recourse to a means.
Grenze, *f.*, **–n**, limit.

Grenzli'ni-e, *f.*, **–n**, boundary.
grob, coarse.
Grobkohle, *f.*, **–n**, clod-coal.
groß, great, large; **im —en**, on a large scale.
großartig, grand, great, imposing.
Größe, *f.*, **–n**, greatness, magnitude, dimension, size, amount.
Größenordnung, *f.*, order of magnitude.
großenteils, for the most part.
Großindustrie', *f.*, **–n**, industry on a large scale.
Großstadt, *f.*, **⸚e**, (large) city, metropolis.
Grube, *f.*, **–n**, pit, mine.
Grubenkoks, *m.*, –, pit-coke.
grün, green.
Grund, *m.*, **⸚e**, ground, bottom, foundation, basis, reason, cause; **zugrunde gehen**, to perish; **zugrunde liegen**, to underlie.
Grundbedingung, *f.*, **–en**, fundamental condition.
Grundelement', *n.*, **–e**, fundamental element.
Grunderscheinung, *f.*, **–en**, fundamental phenomenon.
Grundlage, *f.*, **–n**, foundation, basis.
Grundplatte, *f.*, **–n**, base.
Grundsatz, *m.*, **⸚e**, principle.
Grundstoff, *m.*, **–e**, element.
Grundwasser, *n.*, –, ground-water.
Grundwasserstrom, *m.*, **⸚e**, stream of ground-water.
Grundzug, *m.*, **⸚e**, main feature.
grünlichgelb, greenish yellow.
Gruppe, *f.*, **–n**, group.
gruppieren, to group.
Gummiball, *m.*, **⸚e**, India-rubber ball.
Gummischlauch, *m.*, **⸚e**, rubber tubing.
günstig, favorable, advantageous.
Gußeisen, *n.*, –, cast-iron.
Gußstahl, *n.*, **⸚e**, cast-steel.
Gußstück, *n.*, **–e**, casting.
gut, good; *adv.*, well.
Gutachten, *n.*, advice, (expert) opinion.
Güte, *f.*, good quality, purity.
Güterbahnhof, *m.*, **⸚e**, freight depot.

H

Haar, *n.*, **–e**, hair.
haben, to have, possess.
Hafenanlagen, *f.*, *pl.*, (docks and piers of a) harbor.
haften, to cleave, cling.
Hahn, *m.*, **⸚e**, cock.
halb, half.
halbflüssig, semi-fluid.
Halbleiter, *m.*, –, partial conductor.
Hälfte, *f.*, **–n**, half.
halten, to hold, keep, contain, regard, consider.
Hammer, *m.*, ⸚, hammer.
hämmern, to hammer.
Hand, *f.*, **⸚e**, hand.
Handel, *m.*, business, commerce, trade.
handeln, to act; **sich um etwas —**, to be a question of.
Handelshochschule, *f.*, **–n**, school of commerce.
Handgelenk, *n.*, **–e**, wrist.
Handgriff, *m.*, **–e**, grasp (of the hand), manipulation.
Handhabe, *f.*, **–n**, handle.
Handhabung, *f.*, manipulation.
Handwerk, *n.*, **–e**, handicraft, trade, business.
Hanfschnur, *f.*, **⸚e**, hemp cord.

hängen, to hang; **an etwas —**, to attach to something.
Harnsäure, *f.*, **–n**, uric acid.
Harnstoff, *m.*, **–e**, urea.
hart, hard, difficult.
Härte, *f.*, hardness.
Hartglas, *n.*, **⸗er**, hardened glass.
Hartgummi, *n.*, **–s**, hard rubber.
Hartgummiplatte, *f.*, **–n**, vulcanized India-rubber plate.
Harz, *n.*, **–e**, resin, gum.
Harzelektrizität′, *f.*, **–en**, negative (resinous) electricity.
Harzkuchen, *m.*, **–**, resin cake.
Harzscheibe, *f.*, **–n**, resin disk.
Hauch, *m.*, **–e**, breath, film.
Haufe, *m.*, **–n**, heap, pile.
häufig, frequent.
Hauptapparat′, *m.*, **–e**, main apparatus.
Hauptbatterie′, *f.*, **–n**, main battery.
Hauptbestandteil, *m.*, **–e**, chief constituent, principal ingredient.
Haupteisenbahn, *f.*, **–en**, main line (of a railway).
Hauptfundort, *m.*, **–e**, main source.
Hauptgruppe, *f.*, **–n**, main group.
Hauptluftbehälter, *m.*, **–**, main air-tank.
Hauptmenge, *f.*, **–n**, bulk.
Hauptsache, *f.*, **–n** main point, main thing; **der — nach**, in the main.
hauptsächlich, chief; *adv.*, especially.
Hauptstrecke, *f.*, **–n**, main line.
Hauptunterschied, *m.*, **–e**, main difference.
Hauptwort, *n.*, **⸗er**, noun, substantive.
Hauptzweck, *m.*, **–e**, main purpose.
Haus, *n.*, **⸗er**, house.
Häuschen, *n.*, **–**, little house.
Hausfrau, *f.*, **–en**, housewife, housekeeper.
Haushalt, *m.*, housekeeping.
Haut, *f.*, **⸗e**, skin, membrane, coating.
Hautausscheidung, *f.*, **–en**, excretion of the skin.
Hebel, *m.*, **–**, lever.
heben, to lift, relieve.
Hebung, *f.*, **–en**, elevation, raising.
Hefe, *f.*, **–n**, yeast, leaven.
heilkräftig, healing.
Heiserkeit, *f.*, hoarseness.
heiß, hot.
heißen, to be called.
Heißluftmaschine, *f.*, **–n**, hot-air engine, hot-air motor.
heiter, clear, bright.
heizen, to heat.
Heizfläche, *f.*, **–n**, heating surface.
Heizgas, *n.*, **–e**, heating gas.
Heizmaterial′, *n.*, **–ien**, heating material, fuel.
Heizrohr, *n.*, **–e**, fire tube.
Heizung, *f.*, heating.
Heizwert, *m.*, **–e**, heat value.
hell, bright.
hellgelb, light yellow.
her, here, hither.
herab′fallen, to fall (down).
herab′lassen, to let down.
herab′leiten, to conduct down.
herab′rieseln, to trickle down.
herab′sinken, to sink down.
heran′ziehen, to take advantage of.
heraus′greifen, to take at random.
heraus′springen, to spring out.
heraus′treten, to come out, emerge.

herein'ragen, to project (into).
her'geben, to give, furnish.
Herr, *m.*, **–n**, Mr.
herrschen, to rule, govern, prevail.
her'rühren, to proceed (from), arise, originate.
Hersel, Hersel.
her'stellen, to make, manufacture, produce, construct.
Herstellung, *f.*, **–en**, manufacture, production.
Herstellungskosten, *pl.*, cost of making.
herum'führen, to lead around.
herum'spritzen, to sputter.
herun'tersinken, to sink down.
hervor'bringen, to produce.
Hervorbringung, *f.*, production.
hervor'gehen, to go forth, follow.
hervorragend, prominent.
hervor'rufen, to call forth, bring about.
hervor'treten, to come forward, appear.
Hessen, *n.*, Hesse.
Heu, *n.*, **–e**, hay.
heute, to-day; **heutzutage**, now-a-days.
heutig, of this day, present.
hier, here.
hierauf', hereupon, upon this, after this.
hieraus', from this, hence.
hierbei', herewith, hereby.
hierdurch', by this means.
hierfür', for this.
hierher', hereto, among these, in this place.
hierhin', hither, to this, to these.
hiernach', according to this.
hierzu', hereto, for this.
Hilfe, *f.*, help.
Hilfsmittel, *n.*, –, means of help, expedient.
Himmel, *m.*, –, sky.
Himmelskörper, *m.*, –, celestial body.
hin, thither, towards.
hinab'lassen, to lower.
hinaus', out, beyond.
hindern, to impede.
Hindernis, *n.*, **–se**, obstacle.
hindurch', through.
hinein', in, into, inside.
hinein'stecken, to put in.
hingegen, on the contrary.
hinlänglich, sufficient.
hin'reichen, to suffice; **—d**, sufficient.
Hinsicht, *f.*, **–en**, respect, regard.
hinsichtlich, with regard to.
hin'terbleiben, to remain (over).
hintereinander, one after the other, successive.
Hintereinanderschaltung, *f.*, **–en**, connection in series.
hin'terlassen, to leave behind.
hin'ziehen, to draw towards.
hinzu'treten, to approach, have access to.
historisch, historic(al).
Hitze, *f.*, heat.
Hitzgrad, *m.*, **–e**, degree of heat.
hoch (**höher, höchst**), high, great.
Hochbahn, *f.*, **–en**, elevated road.
Hochbehälter, *m.*, –, high-pressure reservoir.
hochgespannt, high potential.
Hochofen, *m.*, ⸚, blast-furnace.
Hochofengas, *n.*, **–e**, blast-furnace gas.
Hochofengasmotor, *n.*, **–en**, blast-furnace gas motor.
Hochofenindustrie', *f.*, **–n**, blast-furnace industry.
Hochofenschlacke, *f.*, **–n**, furnace slag.

Hochsommer, *m.*, –, midsummer.
Hochspannisolator, *m.*, –en, high-tension insulator.
Hochspannungsleitung, *f.*, –en, high-potential wire (lead).
Hochzylin'der, *m.*, –, high-pressure cylinder.
höchst, highest; *adv.*, very, extremely.
höchstens, at most.
hoffen, to hope; — **auf**, to expect.
Höhe, *f.*, –n, height; **in die** —, up, upward.
Höhenbezirk, *m.*, –e, altitude district.
Höhenlage, *f.*, –n, height, altitude.
Höhepunkt, *m.*, –e, height, altitude, highest point.
hohl, hollow.
Höhle, *f.*, –n, cave.
Hohlkörper, *m.*, –, hollow body.
Hohlkugel, *f.*, –n, shell.
Hohlraum, *m.*, ⸗e, hollow space.
Holun'dermarkkügelchen, *n.*, –, pith ball.
Holz, *n.*, ⸗er, wood.
Holzasche, *f.*, –n, wood ash.
Holzbrett, *n.*, –er, wooden board.
Holzdeckel, *m.*, –, wooden cover.
hölzern, wooden.
Holzfaser, *f.*, –n, woody fiber.
Holzfläche, *f.*, –n, wooden surface.
Holzhammer, *m.*, ⸗, wooden hammer.
Holzkohle, *f.*, –n, charcoal.
Holzring, *m.*, –e, wooden ring.
Holzspan, *m.*, ⸗e, chip *or* splinter of wood.
Holzstab, *m.*, ⸗e, wooden rod.
Holzstück, *n.*, –e, piece of wood.
Horizont', *m.*, –e, horizon.
Hotelzimmer, *n.*, –, hotel room.
Hülsenfrüchte, *f.*, *pl.*, legumes.
Hund, *m.*, –e, dog.
hundert, hundred.
Hundert, *n.*, –e, hundred.
hundertfach, hundred-fold.
Hunderttausendstel, *n.*, –, a hundred-thousandth.
Husten, *m.*, –, cough.
hüten, to guard; **sich** —, to be on guard.
Hyazinth', *m.*, –e (**Hyazinthe**, *f.* –n), hyacinth.
hydrosta'tisch, hydrostatic.
hygie'nisch, hygienic.
Hygrome'ter, *m.*, –, hygrometer.
hygroskopisch, hygroscopic.

I

ihr, *pers. pron.*, you; *adj. and poss. pron.*, her, hers, its; *pl.*, their.
ihrerseits, in its (her *or* their) turn.
immer, always; — **mehr**, more and more.
immergrün, evergreen.
immerhin, always, still, after all, nevertheless.
importieren, to import.
imprägnieren, to impregnate.
in, in, at, into, to, within.
indem, while, as, because.
indes (**indessen**), meanwhile, however.
Industrie', *f.*, –n, industry.
industriell', industrial.
ineinander, into one another.
Influenz', *f.*, induction, influence.
Influenz'elektrizität', *f.*, induction (influence) electricity.
influenzieren, to influence.
Influenz'maschine, *f.*, –n, influence (induction) machine.

infolge, in consequence.
infolgedessen, in consequence.
Infuso'rien, *pl.*, infusoria, animalcules.
Infuso'rienerde, *f.*, infusorial earth.
Ingenieur', *m.*, –**e**, engineer.
Inhalt, *n.*, –**e**, content(s).
inhalt(s)los, empty.
Innenwand, *f.*, ⸗**e**, inner surface.
inner, inner, interior.
Innere, *n.*, interior.
innerhalb, within.
innig, close.
insbesond(e)re, especially.
Insel, *f.*, –**n**, island.
insofern, so far; (in) so much as, (in) as much as.
Instrument', *n.*, –**e**, instrument, tool.
Instrumen'tenbau, *m.*, instrument making.
intensiv', intensive, intense.
Interesse, *n.*, –**n**, interest.
interessieren, to interest.
Interferenz', *f.*, interference.
Interpretation', *f.*, –**en**, interpretation.
Intervall', *n.*, –**e**, interval.
inzwischen, in the mean time.
irden, earthen.
irdisch, earthly, temporal.
irgend, any.
irgendeiner, —**e**, —**es**, some one, somebody.
Irrlicht, *n.*, –**er**, Will-o'-the-wisp, ignis fatuus.
Irrtum, *m.*, ⸗**er**, error, mistake.
Island, *n.*, Iceland.
Isolation', *f.*, –**en**, insulation.
Isola'tor, *m.*, –**en**, insulator.
isolieren, to insulate.
Isolierung, *f.*, –**en**, insulation.

J

ja, yes, indeed.
Jahr, *n.*, –**e**, year.
Jahresmittel, *n.*, –, annual mean.
Jahreszeit, *f.*, –**en**, season.
Jahrhundert, *n.*, –**e**, century.
jährlich, annual.
Jahrtausend, *n.*, –**e**, a thousand years, millenium.
Jahrzehnt, *n.*, –**e**, decade.
Januar, *m.*, –**e**, January.
Jaspis, *m.*, –**se**, jasper.
Jauche, *f.*, –**n**, dung water.
je, each, ever; — **zwei**, two at a time; — **nach**, according to; — **nachdem**, in proportion as, according as; — . . . **desto**, the . . . the.
jedenfalls, at all events, in any case.
jeder, —**e**, —**es**, every, each, any, every one.
jedesmal, every time, always.
jedoch, however.
jener, —**e**, —**es**, that, the former.
jetzig, of the present time, actual.
jetzt, now, at present.
Jod, *n.*, –**e**, iodine.
Juli, *m.*, –**s**, July.
jung, young.
Jura, *m.*, Jura (Mts.).

K

Kabel, *n.*, –, cable.
Kali, *n.*, potash; **kohlensaures** —, potassium carbonate (K_2CO_3); **chlorsaures** —, potassium chlorate ($KClO_3$).
Kalifornien, *n.*, California.
Kalilauge, *f.*, –**n**, potash lye.
Kalisalpeter, *m.*, potassium nitrate (KNO_3).
Kalisalz, *n.*, –**e**, potassium salt.

Kalium, *n.*, potassium (K).
Kaliumkarbonat′, *n.*, potassium carbonate (K_2CO_3).
Kaliumnitrat′, *n.*, potassium nitrate (KNO_3).
Kaliumoxyd′, *n.*, potassium oxide (K_2O).
Kaliumsalz, *n.*, –**e**, potassium salt.
Kaliumverbindung, *f.*, –**en**, potassium compound.
Kaliwasserglas, *n.*, potash water-glass.
Kalk, *m.*, –**e**, lime (CaO); **gebrannter** —, quick-lime; **gelöschter** —, slaked lime.
Kalkbrei, *m.*, –**e**, lime paste, mortar lime.
Kalkerde, *f.*, –**n**, calcareous earth.
Kalkerdehydrat′, *n.*, calcium hydroxide (CaO_2H_2).
kalkhaltig, calcareous.
Kalkhydrat′, *n.*, calcium hydroxide (CaO_2H_2).
Kalkmilch, *f.*, milk of lime.
kalkreich, rich in lime.
Kalksalz, *n.*, –**e**, calcium salt, lime salt.
Kalkspat, *m.*, –**e**, calcspar, calcite.
Kalkstein, *m.*, –**e**, limestone ($CaCO_3$).
Kalktonerdesilikat′, *n.*, –**e**, calcium aluminum silicate.
Kalktuff, *m.*, –**e**, calcareous tufa.
Kalkverbindung, *f.*, –**en**, lime compound.
Kalkwasser, *n.*, –, lime-water.
Kalorie′, *f.*, –**n**, calorie.
kalt, cold, cool.
Kälte, *f.*, cold, coldness, cold weather.
Kältegrad, *m.*, –**e**, degree of cold, degree below freezing.
Kältemaschine, *f.*, –**n**, cooling machine.
Kältemischung, *f.*, –**en**, cooling mixture.
kalzinieren, to calcine.
Kalzium, *n.*, calcium (Ca).
Kalziumbikarbonat′, *n.*, calcium bicarbonate [$CaH_2(CO_3)_2$].
Kalziumkarbonat′, *n.*, calcium carbonate ($CaCO_3$).
Kalziumoxyd′, *n.*, calcium oxide (CaO).
Kalziumoxyd′hydrat′, *n.*, calcium hydroxide (CaO_2H_2).
Kampf, *m.*, ⸚**e**, combat, struggle.
Kanal′, *m.*, ⸚**e**, canal, conduit.
Kante, *f.*, –**n**, corner.
Kanton′, *m.*, –**e**, canton.
Kaolin′, *n.*, –**e**, kaolin, porcelain-earth.
Kapazität′, *f.*, –**en**, capacity.
Kapi′tel, *n.*, –, chapter.
Karat′, *n.*, –**e**, carat.
Karbonat′, *n.*, –**e**, carbonate.
Kartenblatt, *n.*, ⸚**er**, sheet of cardboard.
Kaskade, *f.*, –**n**, waterfall.
Katzenauge, *n.*, –**n**, cat's-eye.
Katzenfell, *n.*, –**e**, catskin.
kaum, scarcely.
Kautschukscheibe, *f.*, –**n**, India-rubber disk.
Keim, *m.*, –**e**, germ.
keimarm, with few germs.
keimfrei, free from germs.
kein, no, not any, no one, none, nothing.
keineswegs, by no means, not at all.
Keller, *m.*, –, cellar.
Kellerfenster, *m.*, –, cellar window.
kennen, to know; — **lernen**, to become acquainted with.

Kenntnis, *f.*, **–se**, knowledge, cognizance, notice.
Kern, *m.*, **–e**, kernel, heart, core.
Kerze, *f.*, **–n**, candle.
Kerzenflamme, *f.*, **–n**, candle flame.
Kessel, *m.*, –, kettle, boiler.
Kesselheizung, *f.*, heating of a boiler.
Kesselstein, *m.*, **–e**, boiler scale.
Kesselsteinmittel, *n.*, –, preventive of boiler scale.
Kesselwasser, *n.*, –, boiler water.
Kette, *f.*, **–n**, chain.
Kiesbettung, *f.*, **–en**, gravel ballast.
Kiesel, *m.*, –, flint.
Kieselerde, *f.*, **–n**, silica.
kieselsauer, silicated; **—es Salz**, silicate.
Kieselsäure, *f.*, **–n**, silicic acid.
kieselsäurereich, rich in silica.
Kieselsinter, *m.*, –, silicious sinter.
Kiesfilter, *m.*, –, gravel filter.
Kiesschicht, *f.*, **–en**, layer of gravel.
Ki'logramm (kg), *n.*, **–e**, kilogram.
Ki'logramme'ter (kgm), *n.* (*m.*), –, kilogrammeter.
Ki'logrammkalorie', *f.*, **–n**, kilogram-calorie.
Ki'lome'ter (km), *n.* (*m.*), –, kilometer.
Kilowatt, *n.*, **–s**, kilowatt.
Kinderspielzeug, *n.*, playthings.
kitten, to cement.
klar, clear.
Kläranlage, *f.*, **–n**, clarifying plant.
klären, to purify.
Klarheit, *f.*, clearness, distinctness.
Klärteich, *m.*, **–e**, settling basin.
klebrig, viscous.
Kleiderstoff, *m.*, **–e**, cloth.
Kleidungsstück, *n.*, **–e**, article of apparel.
klein, little, small.
Kleinindustrie', *f.*, **–n**, industry on a small scale.
Klima, *n.*, **–te**, climate.
Klingel, *f.*, **–n**, bell.
Knall, *m.*, **–e**, report.
Knallgas, *n.*, **–e**, oxyhydrogen gas, detonating gas.
knetbar, capable of being kneaded.
Knoblauch, *m.*, **–e**, garlic.
knoblauchartig, alliaceous, like garlic.
Knochen, *m.*, –, bone.
Knochenbildung, *f.*, formation of bone, bone-forming.
Knochengerüst, *n.*, **–e**, system of bones of the skeleton, bony framework.
Knopf, *m.*, **⸚e**, button, knob.
knüpfen, to unite, attach.
kochen, to boil, cook.
Kochflasche, *f.*, **–n**, flask.
Kochgeschirr, *n.*, cooking vessels.
Kochsalz, *n.*, **–e** (common) salt, chloride of sodium.
Kohäsion', *f.*, cohesion.
Kohle, *f.*, **–n**, coal, carbon.
kohlefrei, non-carboniferous.
Kohlendioxyd', *n.*, carbon dioxide (CO_2).
Kohlengrube, *f.*, **–n**, coal pit.
Kohlenoxyd', *n.*, carbon monoxide (CO).
Kohlenoxydgas, *n.*, carbon monoxide gas (CO).
kohlenoxydhaltig, containing carbon monoxide.
kohlensauer, carbonic; **—res Salz**, carbonate; **—rer Kalk**,

calcium carbonate ($CaCO_3$); —re Magnesia, magnesium carbonate ($MgCO_3$).
Kohlensäure, *f.*, carbon dioxide, carbonic acid (CO_2).
Kohlensäureansammlung, *f.*, –en, accumulation of carbonic acid.
Kohlensäureentweichung, *f.*, escape of carbonic acid.
Kohlensäureentwicklung, *f.*, generation of carbonic acid.
Kohlensäureschicht, *f.*, –en, stratum of carbonic acid.
Kohlenstoff, *m.*, carbon (C).
kohlenstoffarm, poor in carbon.
Kohlenstoffgehalt, *m.*, carbon contents.
kohlenstoffhaltig, carbonaceous.
kohlenstoffreich, rich in carbon.
Koks (Coaks, Kok), *m.*, –, coke.
Kolben, *m.*, –, alembic, piston.
Köln, Cologne.
Kombination′, *f.*, –en, combination.
kombinieren, to combine.
kommen, to come.
kommerziell′, commercial.
Kompressions′pumpe, *f.*, –n, force-pump.
Kompres′sor, *n.*, –en, compressor, compression air-pump.
komprimieren, to compress.
Kondensa′tor, *m.*, –en, condenser.
kondensieren, to condense.
Kondensierung, *f.*, –en, condensation.
Konditorei′, *f.*, –en, confectioner's shop.
Konduk′tor, *m.*, –en, conductor, carrier.
können, to be able.
konservieren, to preserve.
Konservierung, *f.*, preservation.
konstant′, constant.
konstruieren, to construct.
Konstruktion′, *f.*, –en, construction.
Konsument′, *m.*, –en, consumer.
Kontakt′, *m.*, –e, contact.
kontinuierlich, continuous, continual.
Konzentration′, *f.*, –en, concentration.
konzentrieren, to concentrate.
Kopf, *m.*, ⁻e, head.
Kopfschmerz, *m.*, –en, headache.
Koralle, *f.*, –n, coral.
Kork, *n.*, –e, cork.
Korkkugel, *f.*, –n, ball of cork.
Korn, *n.*, grain.
Körnerfrüchte, *f.*, *pl.*, grains.
körnig-krystalli′nisch, granular-crystalline.
Körper, *m.*, –, body, solid.
Körperteil, *m.*, –e, part of the body.
Körperwärme, *f.*, bodily heat.
Korund′, *m.*, –e, corundum.
kostbar, precious.
Kosten, *pl.*, costs, expenses, charges.
Kraft, *f.*, ⁻e, force, power, energy.
kräftig, strong, vigorous.
Kraftübertragung, *f.*, transmission of power.
Kraftverteilung, *f.*, –en, distribution of power.
Kraftwerk, *n.*, –e, power plant.
krampfhaft, convulsive.
Kran, *m.*, ⁻e, –e, crane.
Krankenhaus, *n.*, ⁻er, hospital.
Krankheitskeim, *m.*, –e, disease-producing germ.
Kreide, *f.*, –n, chalk, carbonate of lime.
Kreis, *m.*, –e, circle.
kreisförmig, circular.
Kreislauf, *m.*, ⁻e. circuit, revolution.

Kreisprozeß, *m.*, –sse, process of circulation.
Kristall', *m.*, –**e**, crystal.
kristalli'nisch, crystalline.
kristallisieren, to crystallize.
Kristallwasser, *n.*, –, water of crystallization.
kritisch, critical.
krümmen, to curve.
Krümmung, *f.*, –**en**, curvature.
Kruste, *f.*, –**n**, crust, fur (on a boiler).
Kubik'me'ter, *n.* (*m.*), –, cubic meter.
kubisch, cubic(al).
Kuchen, *m.*, –, cake.
Küchengeschirr, *n.*, –**e**, kitchen utensils.
Kugel, *f.*, –n, ball, sphere.
Kugelfläche, *f.*, –**n**, spherical surface.
kugelförmig, spherical.
kühl, cool.
kühlen, to cool, refresh.
Kühler, *m.*, –, cooler.
Kühlwasser, *n.*, –, cooling water.
Kultur', *f.*, civilization, cultivation.
Kunsteis, *n.*, artificial ice.
künstlich, artificial.
Kupfer, *n.*, –, copper.
Kupferband, *n.*, ⁻er, copper band.
Kupfermenge, *f.*, –**n**, amount of copper.
kupfern, of copper.
Kupferoxyd', *n.*, oxide of copper, cupric oxide (CuO).
Kupferrohr, *n.*, –**e**, copper tube.
Kupol'ofen, *m.*, ⁻, cupola furnace.
Kurbel, *f.*, –**n**, crank.
Kuriosität', *f.*, curiosity.
Kur'kumawurzel, *f.*, –**n**, curcuma root, turmeric.
Kur'kumawurzellösung, *f.*, solution of curcuma root.
kurz, short; **bis vor —em**, until recently.
kürzen, to abridge.
kurzwellig, of short wave-length.

L

Laborato'rium, *n.*, –**ien**, laboratory.
Labrador, *m.*, –**e**, labradorite.
Lackfarbe, *f.*, –**n**, lac-dye.
Lackmus, *n.* (*m.*), litmus.
Lackmuslösung, *f.*, –**en**, litmus solution.
Lackmuspapier', *n.*, –**e**, litmus paper.
Lackmustinktur', *f.*, –**en**, litmus tincture.
laden, to charge.
Ladung, *f.*, –**en**, charge.
Ladungsfähigkeit, *f.*, capacity of being charged.
Lage, *f.*, –**n**, situation, position.
Lager, *n.*, –, bed, layer.
Lagerstätte, *f.*, –**n**, resting place.
Lampe, *f.*, –**n**, lamp.
Land, *n.*, ⁻er, land, country, territory.
Landpflanze, *f.*, –**n**, field plant.
Landwirtschaft, *f.*, agriculture.
landwirtschaftlich, agricultural.
lang, long, tall; **—e**, *adv.*, long.
Länge, *f.*, –**n**, length.
länglich, oblong.
längs, along.
langsam, slow.
längst, long, for a long time.
langwellig, of long wave length.
Läutewerk, *n.*, –**e**, bell signal.
lassen, to let, allow, permit, make, cause (a thing to be done).
Last, *f.*, –**en**, load, burden.

lasten, to press heavily.
lästig, troublesome.
Latrine, *f.*, –**n**, closet, cesspool.
lau, lukewarm.
Laubholz, *n.*, ⸗**er**, deciduous trees.
Lauf, *m.*, ⸗**e**, course.
laufen, to run.
Lauge, *f.*, –**n**, lye.
laugenhaft, like lye.
lauten, to sound; **die Antwort lautet**, the answer is.
läutern, to purify.
Läutewerk, *n.*, –**e**, signal apparatus.
leben, to live.
Leben, *n.*, –, life.
leben′dig, living, kinetic.
lebensgefährlich, perilous.
Lebenskraft, *f.*, ⸗**e**, vital power.
Lebensluft, *f.*, vital air.
Lebensprozeß, *m.*, –**sse**, vital function.
Lebewesen, *n.*, –, living being, animalcule.
lebhaft, active.
Lebhaftigkeit, *f.*, liveliness.
Leder, *n.*, –, leather.
Lederkissen, *n.*, –, leather cushion.
lediglich, solely, merely.
legen, to lay, put, place; **zugrunde** —, to take as a basis.
Legierung, *f.*, –**en**, alloy.
Lehm, *m.*, –**e**, loam, clay, argillaceous earth.
Lehre, *f.*, –**n**, science, theory.
lehren, to teach.
lehrreich, instructive.
leicht, light, easy; *adv.*, easily, readily.
Leichtigkeit, *f.*, lightness, facility.
Leichtmetall′, *n.*, –**e**, light metal.
Leim, *m.*, –**e**, glue.
leimen, to glue.
Leinöl, *n.*, –**e**, linseed oil.
Leiste, *f.*, –**en**, strip.
leisten, to do, accomplish, furnish, produce.
leiten, to conduct (electricity), lead; —**d**, conductive.
Leiter, *m.*, –, conductor.
Leitung, *f.*, line, wire, lead, pipe, conduit; conduction (of electricity), convection (of heat).
Leitungsdraht, *m.*, ⸗**e**, conducting wire.
Leitungskosten, *f.*, *pl.*, cost of conduction.
Leitungsvermögen, *n.*, conductibility.
Leitungsvorgang, *m.*, ⸗**e**, conductive process.
lernen, to learn.
lesen, to read.
letzt, last.
letzterer, —**e**, —**es** (**der, die, das Letztere**), the latter.
leuchten, to shine; —**d**, luminous.
Leuchterscheinung, *f.*, –**en**, luminosity.
Leuchtgas, *n.*, –**e**, illuminating gas.
Leuchtgasbereitung, *f.*, making of illuminating gas.
Leuchtgasbrenner, *m.*, –, illuminating-gas burner.
Leuchtgasmaterial′, *n.*, –**ien**, illuminating material.
Leuchtturm, *m.*, ⸗**e**, lighthouse.
Licht, *n.*, –**er**, –**e**, light, candle.
Lichtbogen, *m.*, ⸗, arc, electric arc, voltaic arc.
Lichteindruck, *m.*, ⸗**e**, impression of light.
Lichtenergie′, *f.*, light energy.
Lichtentwicklung, *f.*, development of light.

Lichterscheinung, *f.*, –en, phenomenon caused by light.
Lichtgeschwindigkeit, *f.*, velocity of light.
Lichtschimmer, *m.*, –, gleam of light.
Lichtstrahl, *m.*, –en, ray *or* beam of light.
Lichtwirkung, *f.*, –en, luminous effect.
liefern, to furnish, yield, produce.
Lieferung, *f.*, –en, supply(ing).
liegen, to lie, be situated; —d, horizontal.
Lignit', *m.*, –e, lignite.
linear', linear.
Li'nie, *f.*, –n, line; **in erster** —, first and foremost, primarily.
links, to the left.
Liter, *n.*, –, liter.
Lithium, *n.*, lithium.
Lithographierstein, *m.*, –e, lithographic stone.
Loch, *n.*, ⸗er, hole.
locker, loose.
Löffel, *m.*, –, spoon.
löschen, to slake.
lösen, to loosen, dissolve; —d, solvent; **eine Frage** —, to solve a question.
löslich, soluble.
los'lösen, to detach.
Lösung, *f.*, –en, solution.
Lösungsmittel, *n.*, –, solvent.
Lösungswärme, *f.*, heat of solution.
Lothringen, *n.*, Lorraine.
Luft, *f.*, ⸗e, air.
Luftabschluß, *m.*, ⸗sse, exclusion of air.
Luftballon, *m.*, –s, air-balloon.
luftdicht, air-tight.
Luftdruck, *m.*, –e, atmospheric pressure.
Luftdruckpfeife, *f.*, –n, compressed-air whistle.
lüften, to aerate.
luftförmig, aeriform.
lufthaltig, containing air.
Luftheizung, *f.*, hot-air heating.
luftleer, void of air.
Luftmeer, *n.*, –e, atmosphere.
Luftmenge, *f.*, –n, quantity of air.
Luftpumpe, *f.*, –n, air-pump.
Luftraum, *m.*, atmosphere.
Luftschicht, *f.*, –en, stratum of air.
Luftstrom, *m.*, ⸗e, current of air.
Lufttemperatur', *f.*, –en, temperature of the air.
Luftthermome'ter, *n.*, –, air-thermometer.
Lüftung, *f.*, ventilation, aeration.
Luftwiderstand, *m.*, ⸗e, resistance of the air.
Luftzug, *m.*, ⸗e, draft of air.
Luftzutritt, *m.*, –e, access of air.
Lumpen, *m.*, –, rag.
Lumpenpapierfabrik', *f.*, –en, factory for making paper from rags.
Lunge, *f.*, –n, lung.
Luxemburg, *n.*, Luxemburg.
Luxusarti'kel, *m.*, –, article of luxury.

M

machen, to make, do.
Macht, *f.*, ⸗e, power, force.
mächtig, great, large, thick.
Mächtigkeit, *f.*, thickness.
mager, lean.
Magnalium, *n.*, magnalium.
Magnesia, *f.*, magnesia (MgO); **kohlensaure** —, magnesium carbonate ($MgCO_3$).
Magnesia-alba, magnesia alba.

magnesiareich, rich in magnesia.
Magnesit', *m.*, –**e**, magnesite.
Magnesium, *n.*, magnesium (Mg).
Magnesiumband, *n.*, ⁼**er**, magnesium ribbon.
Magnesiumchlorid, *n.*, magnesium chloride ($MgCl_2$).
Magnesiumkarbonat', *n.*, magnesium carbonate ($MgCO_3$).
Magnesiumlicht, *n.*, magnesium light.
Magnesiumoxyd', *n.*, magnesium oxide (MgO).
Magnesiumsalz, *n.*, –**e**, magnesium salt.
Magnesiumsilikat', *n.*, –**e**, magnesium silicate.
Magneteisenstein, *m.*, magnetite, magnetic iron-ore (Fe_3O_4).
Mal, *n.*, –**e**, time.
man, one, a person; they, people, men; we, you.
manch, —**er**, —**e**, —**es**, many a (one); —**e**, *pl.*, some, several.
manchmal, sometimes.
Mangan', *n.*, manganese.
Mangan'chlorür', *n.*, manganous chloride ($MnCl_2$).
manganhaltig, containing manganese.
manganreich, rich in manganese.
Mangel, *m.*, ⁼, lack, want, deficiency.
mangelhaft, deficient, incomplete.
mangeln, to be deficient.
Mann, *m.*, ⁼**er**, man.
Manneshöhe, *f.*, height of a man.
mannigfaltig, manifold.
Manome'ter, *n.* (*m.*), –, manometer, steam-gauge.
Manöver, *n.*, –, manœuver.
Mari'enburg, Marienburg.
Mark, *f.*, –**en**, boundary; **die — Brandenburg**, the Electorate of Brandenburg.
Marmor, *m.*, –**e**, marble.
Marmorplatte, *f.*, –**n**, marble slab.
Maschine, *f.*, –**n**, machine.
maschinell', mechanical, machine-like.
Maschinenbau, *m.*, machine construction.
Maschinenkraft, *f.*, ⁼**e**, machine power.
Maschinenteil, *m.*, –**e**, part of a machine.
Maß, *n.*, –**e**, measure, standard.
Masse, *f.*, –**n**, mass, substance.
Massel, *f.*, pig, puddled iron, pig iron.
mäßig, moderate.
Material', *n.*, –**ien**, material(s).
Mate'rie, *f.*, –**n**, matter.
materiell', material.
Mathematik', *f.*, mathematics.
mathema'tisch, mathematical.
matt, lusterless.
mattieren, to deaden, dim.
Mattierung, *f.*, making dull.
Mauer, *f.*, –**n**, wall.
Mauerwerk, *n.*, masonry.
maximal', at the most.
Maximum, *n.*, –**ma**, maximum.
Mecha'nik, *f.*, mechanics.
mechanisch, mechanical.
Medium, *n.*, –**ien**, medium.
Medizin', *f.*, –**en**, medicine.
Meer, *n.*, –**e**, sea.
Meeresboden, *m.*, ⁼, sea bottom.
Meeresfläche, *f.*, –**n**, surface of the sea.
Meeresniveau, *n.*, –**s**, level of the sea.

Meerestiefe, *f.*, –**n** depth of the sea.
Meerpflanze, *f.*, –**n**, sea plant.
Meersalz, *n.*, –**e**, sea salt.
Meerschaum, *m.*, ⁼**e**, meerschaum.
Meerwasser, *n.*, –, sea water.
mehr, more; **nicht** —, no longer.
Mehrausgabe, *f.*, –**en**, increased cost.
mehrere, several.
mehrfach, manifold, repeated.
Mehrfachaufhängung, *f.*, –**en**, catenary construction, multiple suspension.
Mehrgewicht, *n.*, –**e**, increased weight.
Meile, *f.*, –**n**, mile.
Meiler, *m.*, –, (charcoal) kiln.
Meilerkoks, *m.*, –, kiln-coke.
Meinung, *f.*, –**en**, opinion.
meist, most; *adv.*, principally, usually; **am** —**en**, chiefly.
meistens, for the most part, generally.
Menge, *f.*, –**n**, multitude, quantity.
Mengenverhältnis, *n.*, –**se**, proportional quantity, quantity-ratio.
mengen, to mix, mingle.
Mensch, *m.*, –**en**, man, human being.
menschlich, human.
Mergel, *m.*, –, marl.
merkbar, perceptible.
messen, to measure.
Messer, *n.*, –, knife
Messing, *n.*, brass.
Messingdraht, *m.*, ⁼**e**, brass wire.
Messinggefäß, *n.*, –**e**, brass vessel.
Messingplatte, *f.*, –**n**, metal plate.
Messingstab, *m.*, ⁼**e**, brass rod.
Messingwand, *f.*, ⁼**e**, brass wall (partition).
Messung, *f.*, –**en**, measurement.
Metall′, *n.*, –**e**, metal.
Metall′draht, *m.*, ⁼**e**, metal(lic) wire.
metal′len, (of) metal, metallic.
Metall′gehalt, *n.*, content of metal.
metall′glänzend, of metallic luster.
metallisch, metallic.
Metall′kugel, *f.*, –**n**, metal sphere.
Metall′legierung, *f.*, –**en**, metal alloy.
Metalloid′, *n.*, –**e**, metalloid.
Metall′oxyd′, *n.*, –**e**, metallic oxide.
Metall′papier′, *n.*, –**e**, metallic paper.
Metall′platte, *f.*, –**n**, metal plate.
Metall′spitze, *f.*, –**n**, metal point.
Metall′stab, *m.*, ⁼**e**, bar of metal.
Metall′stange, *f.*, –**n**, rod of metal.
Metallurgie′, *f.*, metallurgy.
Meteorolog′(e), *m.*, –**(e)n**, meteorologist.
Meteorologie′, *f.*, meteorology.
Meter, *n.* (*m.*), –, meter.
Methode, *f.*, –**n**, method.
Mietskaserne, *f.*, –**n**, tenement.
Mikroorganismus, *m.*, –**men**, microscopic organism.
Mikroskop′, *n.*, –**e**, microscope.
milchartig, milk-like, milky.
Milchglas, *n.*, ⁼**er**, glass porcelain.
milchig, milky.
mild, mild.
mildern, to correct (an acid).
militärisch, military.
Milligramm′, *n.*, –**e**, milligram.
Million′, *f.*, –**en**, million.

minder, less.
mindest, least; **am —en**, at least.
mindestens, at least.
Mineral′, *n.*, –ien, –e, mineral.
Mineral′bestandteil, *m.*, –e, mineral constituent.
Mineralogie′, *f.*, mineralogy.
Mineral′öl, *n.*, –e, petroleum, mineral oil.
Mineral′quelle, *f.*, –n, mineral spring.
Mineralreich, *n.*, mineral kingdom.
Mineralstoff, *m.*, –e, mineral matter.
Mineralwasser, *n.*, ¨, mineral water.
Mineralwasserfabrikation′, *f.*, manufacture of mineral water.
Mineralzündung, *f.*, ignition of minerals.
Minettelager, *n.*, –, bed of oölitic iron ore.
Minimum, *n.*, –ma, minimum.
mischen, to mix.
Mischung, *f.*, –en, mixture, composition, compound.
Mischungstemperatur′, *f.*, –en, temperature of a mixture.
mißglücken, to fail.
Mißverständnis, *n.*, –se, misconception.
mit, with; *adv.*, along.
Mitarbeiten, *n.*, coöperation.
miteinander, together.
mit′führen, to carry along.
mithin, consequently.
Mitte, *f.*, –n, middle (place), mean.
mit′teilen, to impart; **sich** —, to communicate itself.
mittel, middle, mean, central.
Mittel, *n.*, –, middle, average, means; **im** — on the average.
mittels, by means of.
Mittelstellung, *f.*, –en, intermediate place.
Mode, *f.*, –n, custom.
modern′, modern.
mögen, to be able, like, desire; **ich möchte**, I should like.
möglich, possible.
Möglichkeit, *f.*, –en, possibility.
Molekül′, *n.*, –e, molecule.
Molekular′anziehung, *f.*, –en, molecular attraction.
Molekular′theorie′, *f.*, –n, molecular theory.
momentan′, momentary.
Mondfinsternis, *f.*, –se, eclipse of the moon.
monumental′, monumental.
Moos, *n.*, –e, moss.
moosähnlich, moss-like.
Mörtel, *m.*, –, mortar, plaster.
Moschus, *m.*, musk.
Most, *m.*, –e, new wine, grape juice.
Motor′ *or* **Mo′tor**, *m.*, –en, motor.
moto′risch, motive, motor.
Motorwagen, *m.*, –, motor-driven street-car.
moussieren, to effervesce.
Mühe, *f.*, –n, effort, trouble.
Mühle, *f.*, –n, mill.
mühsam, laborious.
Multiplikation′, *f.*, multiplication.
multiplizieren, to multiply.
münden, to discharge.
Mündung, *f.*, –en, mouth, orifice.
muschelig, shell-like, concoidal.
Muschelschale, *f.*, –n, muscle shell.
Musik′instrument′, *n.*, –e, musical instrument.
Muskel, *m.*, –, muscle.
Muskelkraft, *f.*, ¨e, muscular strength.

müssen, to be obliged.
mustergültig, model.
Mutter, *f.*, ⸗, mother.

N

Nabe, *f.*, –**n**, nave, hub.
nach, to, towards, for, after, according to, as to; *adv.*, afterwards; — **und** —, little by little, by degrees.
Nachbarschaft, *f.*, –**en**, vicinity, neighborhood.
nachdem′, afterwards, after, when; **je** —, according as.
nachher′, afterwards.
nachhe′rig, subsequent.
nachmittags, in the afternoon.
Nachmittagsstunde, *f.*, –**n**, afternoon hour.
nächst, next to, nearest.
nach′stehen, to follow.
Nacht, *f.*, ⸗**e**, night.
Nachteil, *m.*, –**e**, disadvantage.
nächtlich, nightly.
nach′waschen, to wash.
Nachweis, *m.*, –**e**, information, proof, test.
nachweisbar, demonstrable.
nach′weisen, to show, point out, prove, identify.
Nadelholz, *n.*, ⸗**er**, coniferous trees.
nah(e), near.
Nähe, *f.*, proximity, nearness, vicinity.
nähern, *refl.*, to bring near, approach.
Nahrung, *f.*, –**en**, food.
Nahrungsmittel, *n.*, –, article of food.
nahtlos, seamless.
Name(n), *m.*, –**n**, name, term.
namentlich, especially.
namhaft, well known, significant.
nämlich, the same; *adv.*, namely, that is to say.
naß, wet, moist.
Naß, *n.*, –**sse**, fluid.
Natrium, *n.*, sodium (Na).
Natriumazetat′, *n.*, (**essigsaures Natrium**), sodium acetate ($NaC_2H_3O_2$).
Natriumbikarbonat′, *n.*, sodium bicarbonate ($NaHCO_3$).
Natriumkarbonat′, *n.*, sodium carbonate (Na_2CO_3).
Natriumlauge, *f.*, –**n**, soda lye.
Natriumsulfat′, *n.*, sodium sulphate (Na_2SO_4).
Natron, *n.*, –**s**, soda.
Natronlauge, *f.*, –**n**, caustic soda solution, solution of sodium hydroxide.
Natronsalpeter, *m.*, sodium nitrate ($NaNO_3$).
Natronsee, *m.*, –**n**, sodium lake.
Natronwasserglas, *n.*, sodium silicate, soda water-glass.
Natur′, *f.*, –**en**, nature.
Natur′erscheinung, *f.*, –**en**, (natural) phenomenon.
Natur′forscher, *m.*, –, naturalist.
Natur′gesetz, *n.*, –**e**, natural law.
Natur′kraft, *f.*, ⸗**e**, force of nature.
natürlich, natural.
Natur′wissenschaft, *f.*, –**en**, natural science.
Natur′zustand, *m.*, ⸗**e**, state of nature.
Nea′pel, *n.*, Naples.
Nebel, *m.*, –, mist, haze.
neben, beside.
Nebenapparat′, *m.*, –**e**, auxiliary apparatus.
Nebenbestandteil, *m.*, –**e**, secondary ingredient.

nebeneinander, side by side.
Nebenprodukt′, *n.*, **–e**, by-product.
ne′gativ′, negative.
nehmen, to take.
neigen, to incline.
Neigung, *f.*, **–en**, inclination.
nennen, to name, call.
Nerv, *m.*, **–en**, nerve.
Nervenreizung, *f.*, **–en**, nerve irritation.
Nervensystem′, *n.*, **–e**, nervous system.
Netz, *n.*, **–e**, net.
neu, new, recent; **von —em**, again.
neuerdings, recently.
neunte, ninth.
neutral′, neutral.
neutralisieren, to neutralize.
nicht, not.
nichtleitend, non-conducting.
Nichtleiter, *m.*, –, non-conductor.
nichts, nothing; **— anders**, nothing else.
nie, never.
nieder, low.
Niederschlag, *m.*, **⁻e**, precipitate, precipitation.
nie′derschlagen, to precipitate.
Niederschlagsgebiet, *n.*, **–e**, district of precipitation.
nie′derstoßen, to knock down, sink (a well).
niedrig, low.
niemals, never.
niemand, no one.
Niveau, *n.*, **–s**, level.
noch, still, yet, as yet, in addition, however, ever so.
norddeutsch, North-German.
nördlich, northerly.
Nordspanien, *n.*, Northern Spain.
normal′, normal.
Normal′thermome′ter, *n.* (*m.*), –, normal thermometer.
nötig, necessary.
not′leiden, to suffer.
notwendig, necessary.
Null, *f.*, nought, zero.
Nullpunkt, *m.*, zero.
nun, now, so, therefore.
nunmehr, now, at the present time.
nur, only, solely, merely, simply.
Nutzen, *m.*, –, advantage, use, gain.
nützlich, useful.
nutzlos, useless.

O

ob, whether, if.
oben, above.
obenerwähnt, above-mentioned.
ober, upper, high, superior; **—st**, uppermost.
Oberfläche, *f.*, **–n**, surface.
Oberflächenwasser, *f.*, –, surface water.
oberhalb, above.
oberirdisch, overhead, above ground.
Oberleitung, *f.*, **–en**, overhead conduction, overhead system.
Oberseite, *f.*, **–n**, upper side.
obgleich, though, although.
obig, above-mentioned.
obwohl, though, although.
oder, or.
Ofen, *m.*, **⁻**, stove, furnace.
Ofenheizung, *f.*, heating by stove *or* furnace.
Ofenschwärze, *f.*, **–n**, stove blacking.
offen, open.
offenbar, manifest.
öffnen, to open.
Öffnung, *f.*, **–en**, opening.

oft, often.
öfter(s), frequently.
ohne, without.
Ohnmacht, *f.*, fainting fit.
ökono′misch, economical.
Öl, *n.*, **–e**, oil.
ölartig, oil-like.
ölen, to oil.
Ölfarbe, *f.*, **–n**, oil-color.
Ölfarbenanstrich, *m.*, **–e**, oil-paint(ing).
Opal, *m.*, **–e**, opal.
Opernglas, *n.*, **⁼er**, opera glass.
ordnen, to arrange.
organisch, organic.
Organismus, *m.*, **–men**, organism.
Ort, *m.*, **–e**, **⁼er**, place, spot, village.
örtlich, local.
Örtlichkeit, *f.*, **–en**, locality.
Öst(er)reich, *n.*, Austria.
Ostindien, *n.*, East Indies.
oszillieren, to oscillate.
Oxyd′, *n.*, **–e**, oxide.
Oxydation′, *f.*, oxidation.
oxydieren, to oxydize.
oxy′disch, oxide; **—es Eisenerz**, oxide ore of iron.
O′zean, *m.*, **–e**, ocean.
Ozokerit′, *n.*, **–e**, ozokerite.
Ozokerit′lager, *n.*, –, bed of ozokerite.
Ozon′, *n.*, **–s**, ozone.
ozon′haltig, containing ozone.
ozonisieren, to ozonize.

P

Papier, *n.*, **–e**, paper.
Papierblatt, *n.*, **⁼er**, sheet of paper.
Papier(ober)fläche, *f.*, **–n**, paper surface.
Papierschnitzel, *n.* (*m.*), –, scrap of paper.
Papierstreifen, *m.*, –, slip of paper.
Pappdeckel, *m.*, –, pasteboard cover.
Paraffin′, *n.*, **–e**, paraffin.
paraffinieren, to cover with paraffin.
parallel′, parallel.
Paralle′le, *f.*, **–n**, parallel.
Pari′ser, *m.*, –, Parisian.
passend, suitable.
Patent′liste, *f.*, **–n**, patent list.
pathogen′, pathogenic, disease-producing.
pechglänzend, with resinous lustre.
Pechkohle, *f.*, **–n**, pitch-coal.
Pelzwerk, *n.*, furs, fur-skins.
Pendel, *n.* (*m.*), –, pendulum.
pendeln, to hang.
Perio′de, *f.*, **–n**, period.
Perle, *f.*, **–n**, pearl.
perlen, to sparkle.
Person′, *f.*, **–en**, person.
Petro′leum, *n.*, **–s**, petroleum.
Petro′leumlager, *n.*, –, stratum of petroleum.
Pferd, *n.*, **–e**, horse.
Pferdebahn, *f.*, **–en**, tramway.
Pferdestärke, *f.*, horse-power (**P. S.** = H. P.).
Pflanze, *f.*, **–n**, plant.
Pflanzenart, *f.*, **–en**, species (type) of vegetation.
Pflanzenasche, *f.*, **–n**, vegetable ash.
Pflanzenfarbe, *f.*, **–n**, vegetable dye.
Pflanzenfarbstoff, *m.*, **–e**, vegetable coloring matter.
Pflanzenform, *f.*, **–en**, plant form.
Pflanzenkörper, *m.*, –, (structure of a) plant.

Pflanzenreich, *n.*, vegetable kingdom.
Pflanzenstoff, *m.*, –**e**, vegetable matter.
Pflanzenteil, *m.*, –**e**, part of a plant.
Pflanzenwelt, *f.*, plant world, vegetable kingdom.
pflegen, to be accustomed, be wont.
pflügen, to plow.
Phantasie′, *f.*, –**n**, imagination.
Pharmazie′, *f.*, –**n**, pharmacy.
Philosophie′, *f.*, –**n**, philosophy.
Phonograph′, *m.*, –**en**, phonograph.
Phosphat′, *n.*, –**e**, phosphate.
Phosphor, *m.*, phosphorus (P).
Phosphorgehalt, *n.*, phosphorus content.
phosphorhaltig, containing phosphorus, phosphorized.
phosphorig, phosphorous.
Phosphorit′, *m.*, apatite, phosphate of lime.
phosphorreich, rich in phosphorus.
phosphorsauer, phosphoric;—**rer Kalk**, phosphate of lime, calcium phosphate [$Ca_3(PO_4)_2$].
Phosphorsäure, *f.*, phosphoric acid (H_3PO_4).
Phosphorwasserstoff, *m.*, phosphuretted hydrogen, hydrogen phosphide (PH_3).
Photogen′, *n.*, photogene.
Photographie′, *f.*, photography.
photogra′phisch, photographic.
Physik′, *f.*, physics.
physika′lisch, physical.
Physiker, *m.*, –, physicist.
Physiologie′, *f.*, physiology.
Pilz, *m.*, –**e**, fungus, mushroom.
Pilzkeim, *m.*, –**e**, fungus-germ (spore).
Pirani-Aggregat, *n.*, Pirani set.
plastisch, plastic.
Platin′, *n.*, –**e**, –**s**, platinum.
Platin′schwamm, *m.*, ⸚**e**, platinum sponge.
platt, flat.
Platte, *f.*, –**n**, plate, leaf, slab.
Platz, *m.*, ⸚**e**, place, room, seat.
plötzlich, sudden.
Pol, *m.*, –**e**, pole.
polieren, to polish.
Polier′mittel, *n.*, –, polisher.
Politur′, *f.*, polish.
Pore, *f.*, –**n**, pore.
porös′, porous.
Porosität′, *f.*, porosity.
Porzellan′, *n.*, –**e**, porcelain.
Porzellan′erde, *f.*, –**n**, porcelain clay.
Porzellan′ware, *f.*, –**n**, china ware.
positiv′, positive.
Potential′, *n.*, –**e**, potential.
Pottasche, *f.*, –**n**, potash.
Pottaschelauge, *f.*, –**n**, potash lye.
prächtig, splendid.
prägen, to stamp.
praktisch, practical.
Präparat′, *n.*, –**e**, preparation.
Praxis, *f.*, practice; **in der** —, practically.
präzis′, precise, accurate.
Preis, *m.*, –**e**, price.
pressen, to press, force.
prickelnd, prickly, biting, pungent.
Prinzip′, *n.*, –**e**, –**ien**, principle.
Probebetrieb, *m.*, –**e**, (operating) test.
Probekugel, *f.*, –**n**, test sphere.
Probescheibe, *f.*, –**n**, test disk.
Probier′gläschen, *n.*, –, test-tube.

Produkt′, *n.*, **–e**, product; production.
produzieren, to produce.
Profil′, *n.*, **–e**, profile.
Programm′, *n.*, **–e**, plan, design, scheme.
Projekt′, *n.*, **–e**, design, plan.
proportional′, proportional.
Prozent′, *n.*, **–e**, per cent.
prozentisch, (expressed in) per cent.
Prozeß′, *m.*, **–sse**, process, procedure.
prüfen, to test.
Prüfung, *f.*, **–en**, test, examining.
Publikum, *n.*, **–s**, public.
Pulver, *n.*, –, powder.
pulverform, powdery.
pulverig, powdery.
pulvern, to powder, pulverize.
Pulverteil, *m.*, **–e**, powder part.
Pumpe, *f.*, **–n**, pump; **—nmotor**, *m.*, **–en**, pump (compressor) motor.
pumpen, to pump.
Punkt, *m.*, **–e**, point.
Putzmittel, *n.*, –, cleaner.
Putzwolle, *f.*, **–n**, polishing wool.
Pyrit′, *n.*, pyrites.
Pyrome′ter, *n.* (*m.*), –, pyrometer.

Q

Quadrat′, *n.*, **–e**, square; **—meter**, *n.* (*m.*), – (**qm**), square meter; **—millimeter**, *n.* (*m.*), – (**qmm**), square millimeter.
Qualität′, *f.*, **–en**, quality.
Qualitäts′eisen, *n.*, fine quality iron, high-grade iron.
qua′litätiv′, qualitative.
Quan′tität′, *f.*, **–en**, quantity.
quan′titativ′, quantitative.
Quantum, *n.*, **–ta**, quantity.
Quarz, *m.*, **–e**, quartz.
Quarzsand, *m.*, **–e**, quartz sand.
Quarzpulver, *m.*, –, powdered quartz.
Quecksilber, *n.*, –, quicksilver, mercury.
Quecksilbermenge, *f.*, **–n**, quantity of quicksilver.
Quecksilberthermome′ter, *n.*, –, mercury thermometer.
Quelle, *f.*, **–n**, spring, source.
Quellwasser, *n.*, –, spring-water.
Querdraht, *m.*, **⸗e**, cross wire.
Querschnitt, *m.*, **–e**, cross-section.

R

raffinieren, to refine.
Rand, *m.*, **⸗er**, edge.
rasch, quick, rapid.
Rasen, *m.*, –, turf, grass.
Rasen(eisen)erz, *n.*, **–e**, bog (-iron)-ore.
Rast, *f.*, bosh.
rastlos, restless.
rationell′, rational.
Rattengift, *n.*, **–e**, ratsbane, rat-poison.
Rauch, *m.*, smoke, steam, fume.
rauchen, to give off fumes.
rauchlos, smokeless.
Rauchquarz, *m.*, **–e**, smoky quartz.
Rauchtopas, *m.*, **–e**, smoky topaz.
rauh, rough.
Raum, *m.*, **⸗e**, space, room.
Raumausfüllung, *f.*, filling of space.
Rauminhalt, *m.*, **–e**, volume.
räumlich, spatial.
Raumteil, *m.*, **–e**, volume, part by volume.

Reagens'papier', *n.*, –e, test paper, litmus paper.
reagieren, to react.
Reaktion', *f.*, –en, reaction.
rechnen, to reckon, count.
Rechnung, *f.*, –en, account; — **tragen**, to take into account.
recht, right, proper, real, very.
rechts, at the right.
Rede, *f.*, –n, speech, conversation; **die — sein (von)**, to be a question (of).
reden, to speak.
reduzieren, to reduce.
rege, active.
Regel, *f.*, –n, rule; **in der —**, as a rule.
regelmäßig, regular, ordinary.
regelrecht, correct.
Regen, *m.*, –, rain, spray.
Regenhöhe, *f.*, –n, rainfall.
Regenwasser, *n.*, –, rain water.
Region', *f.*, –en, district, region.
Regulier'ventil', *n.*, –e, control valve.
reiben, to rub.
Reibung, *f.*, rubbing, friction.
Reibungselektrisiermaschine, *f.*, –n, frictional electrical machine.
Reibungselektrizität', *f.*, frictional electricity.
Reibzeug, *n.*, –e, rubber, cushion.
reich, rich.
Reich, *n.*, –e, realm, empire.
reichlich, abundant, sufficient, rich, very.
Reif, *m.*, –e, hoar-frost.
Reif, *m.*, –e (**Reifen**, *m.*, –), tire, hoop, ring.
reifen, to ripen.
Reihe, *f.*, –n, row, series.
rein, pure, simple.
reinigen, to clean, purify.
Reinigung, *f.*, purification.
Reinigungsmittel, *n.*, –, purifier.
Reißblei, *n.*, –e, blacklead, graphite.
Reißbrett, *n.*, –er, drawing-board.
reißen, to tear, pull; **an sich —**, to attract (strongly) to itself.
Reizung, *f.*, –en, irritation, stimulation.
relativ', relative.
repräsentieren, to represent.
Reser've, *f.*, –n, reserve; **—maschine**, *f.*, –n, reserve machine.
Reservoir, *n.*, –e, –s, reservoir.
respektiv', respectively, or.
Rest, *m.*, –e, rest, remains, residue.
Resultat', *n.*, –e, result.
Retor'te, *f.*, –n, retort.
Rheinbett, *n.*, bed of the Rhine.
Rheinpreußen, *n.*, Rhenish Prussia.
Rheintal, *n.*, ⁼er, valley of the Rhein.
Rheinuferbahn, *f.*, –en, interurban on bank of Rhine.
richten, *refl.*, to conform (with a thing).
richtig, right, correct.
Richtigkeit, *f.*, correctness.
Richtung, *f.*, –en, direction.
riechen, to smell.
Riechstoff, *m.*, –e, aromatic substance.
Riementransmission', *f.*, –en, belt transmission.
Rieselfeld, *n.*, –er, irrigated field, irrigational field.
riesig, gigantic.
Rinde, *f.*, –n, rind, crust.
Ring, *m.*, –e, ring.
ringförmig, ring-shaped.
rings, around; **—um**, round about.
Ritze, *f.*, –n, fissure, flaw, crack.

ritzen, to scratch.
roh, crude, rough, coarse.
Roheisen, *n.*, –, crude iron, pig-iron.
Roheisengewinnung, *f.*, making of crude iron.
Roheisensorte, *f.*, **–n**, kind of crude iron.
Rohmaterial′, *n.*, **–ien**, raw material.
Rohr, *n.*, **–e**, reed, cane, tube, pipe; **spanisches —**, Spanish reed.
Röhre, *f.*, **–n**, pipe, tube.
Rohrleitung, *f.*, **–en**, pipe conduit, pipe.
Rohrsystem′, *n.*, **–e**, pipe system.
Rohsalpe′ter, *m.*, –, crude saltpeter.
Rohstoff, *m.*, **–e**, raw material.
Roleau, *n.*, **–s**, roller blind.
Rolle, *f.*, **–n**, roller, pulley; part, role.
Rosanilin′, *n.*, **–e**, rosaniline.
rosenrot, rose-red.
Rost, *m.*, **–e**, rust, grate.
rosten, to rust.
rösten, to roast (ores).
Rostschützmittel, *n.*, –, means of protection against rust.
rot, red.
rotbraun, red-brown.
Roteisenstein, *m.*, **–e**, hematite.
röten, to redden.
Rotglut, *f.*, red-heat.
rotieren, to rotate.
rötlich, reddish.
Rouleau, *n.* (*m.*), **–s**, roll.
Rückenmark, *n.*, **–e**, spinal marrow.
Rückleitung, *f.*, **–en**, return current.
Rücksicht, *f.*, **–en**, regard, consideration; **— nehmen**, to pay regard to.
Rückstand, *m.*, residue, residuum.
rückständig, residual.
ruhen, to rest, be motionless.
ruhig, quiet.
rund, round, in round numbers.
Ruß, *m.*, **–e**, soot.
rußen, to make sooty.
Rußkohle, *f.*, **–n**, earthy pit-coal, soot-coal.
Rußland, *n.*, Russia.

S

Sache, *f.*, **–n**, thing, matter, affair, fact.
Sachsen, *n.*, Saxony.
sachverständig, expert; **der Sachverständige**, the specialist, expert.
sagen, to say.
Sal′miak′, *n.*, sal-ammoniac, ammonium chloride (NH_4Cl).
Sal′miak′geist, *m.*, spirits of ammonia, ammonia.
Salpeter, *m.*, saltpeter, nitrate of potassium (KNO_3).
salpetersauer, nitric.
Salpetersäure, *f.*, nitric acid (HNO_3).
Salz, *n.*, **–e**, salt, chloride of sodium.
Salzablagerung, *f.*, **–en**, salt bed.
salzig, salty.
Salzlösung, *f.*, **–en**, salt solution.
Salzsäure, *f.*, muriatic acid, hydrochloric acid (HCl).
Salzsole, *f.*, **–n**, salt spring.
Samenkorn, *n.*, (seed) grain, (seed) corn.
Sammelgefäß, *n.*, **–e**, collecting vessel.
sammeln, to collect, gather; *refl.*, to accumulate.
sämtlich, all, entire.
Sand, *m.*, **–e**, sand.

Sandboden, *m.*, ⁼, sandy soil.
Sandfilter, *m.*, –, sand filter.
Sandkohle, *f.*, –**n**, uninflammable coal.
Sandrinne, *f.*, –**n**, sand mold.
Sandschicht, *f.*, –**en**, layer of sand.
Sandstein, *m.*, –**e**, sandstone.
sättigen, to saturate.
Sättigung, *f.*, saturation.
Sättigungsmenge, *f.*, –**n**, amount (for) saturation.
Sättigungspunkt, *m.*, –**e**, point of saturation.
Sättigungsverhältnis, *n.*, –**se**, ratio of saturation.
Satz, *m.*, ⁼**e**, principle, proposition; set (machinery).
Sauberkeit, *f.*, cleanness.
sauer, sour.
säuerlich, acidulous.
Säuerling, *m.*, –**e**, acidulous water (spring).
Sauerstoff, *m.*, oxygen.
Sauerstoffaufnahme, *f.*, absorption of oxygen.
Sauerstoffgas, *n.*, –**e**, oxygen gas.
Sauerstoffgehalt, *m.*, oxygen contents.
sauerstoffhaltig, containing oxygen.
sauerstoffreich, rich in oxygen.
Sauerstoffverbindung, *f.*, –**en**, oxygen compound.
Säugetier, *n.*, –**e**, mammal.
Säule, *f.*, –**n**, column, pillar.
Säure, *f.*, –**n**, acid.
Schacht, *m.*, –**e**, shaft, pit, fire-room, stack.
Schachtelhalm, *m.*, shave-grass, scouring-rush.
Schachtofen, *m.*, ⁼, shaft furnace.
Schaden, *m.*, ⁼, injury.
schaden, to do harm to.
schädigen, to injure.
schädlich, injurious.
schaffen, to create, produce, make, work, get, procure.
Schafwolle, *f.*, –**n**, wool.
Schale, *f.*, –**n**, shell, dish, vessel, evaporating dish.
Schalenreste, *m.*, *pl.*, remains of shells.
Schaltapparat′, *m.*, –**e**, switching apparatus.
Schaltbrett, *n.*, –**er**, switch board.
schalten, to switch.
Schalwerden, *n.*, becoming stale.
scharf, sharp.
schärfen, to sharpen.
scharfkantig, sharp-edged.
Schatz, *m.*, ⁼**e**, treasure.
schätzen, to value, prize.
Scheibe, *f.*, –**n**, disk, pane.
Scheibenmaschine, *f.*, –**n**, plate (disk) machine.
scheiden, to separate, analyze.
Scheidung, *f.*, –**en**, separation.
scheinbar, apparent, seeming.
scheinen, to appear, seem.
scheitern, to fail.
Schellack′, *m.*, –**e**, shellac.
schema′tisch, schematic, in accordance with a certain model.
Schicht, *f.*, –**en**, layer, stratum.
schichtenweise, in layers.
Schichtung, *f.*, –**en**, stratification.
schicken, to send.
schieben, to shove.
schief, oblique; —**er Winkel**, oblique angle.
Schieferkohle, *f.*, –**n**, slate coal.
Schiene, *f.*, –**n**, rail.
schienenfrei, without rails.
Schießen, *n.*, firing.
Schießpulver, *n.*, –, gunpowder.
Schiff, *n.*, –**e**, ship, vessel.

Schiffahrt, *f.*, navigation.
Schild, *m.*, –**e**, shield.
schildern, to describe.
schillern, to change colors.
Schlachthaus, *n.*, ⸚**er**, slaughter house.
Schlacke, *f.*, –**n**, slag.
schlackenartig, slag-like.
schlagen, to strike.
Schlagweite, *f.*, –**n**, striking distance.
Schlamm, *m.*, –**e**, mud, ooze.
schlämmen, to wash, clear (of mud *or* silt).
Schlämmkreide, *f.*, Spanish white.
Schlangenrohr, *n.*, –**e**, worm (of a still).
schlecht, bad, poor.
Schlechtleiter, *m.*, –, poor conductor, non-conductor.
schleifen, to grind, cut, polish.
schleppen, to draw, drag.
Schleppschiffahrt, *f.*, towing.
Schlesien, *n.*, Silesia.
schleudern, to hurl.
schließen, to close; infer, conclude.
schließlich, final.
Schließungsbogen, *m.*, –, closing arc.
Schließungsdraht, *m.*, ⸚**e**, connecting wire.
Schliff, *m.*, –**e**, cut.
schlingen, to wind.
Schluß, *m.*,⸚**sse**, conclusion, close.
Schmalte, *f.*, smalt.
schmecken, to taste.
Schmelz, *m.*, –**e**, enamel.
schmelzbar, fusible.
schmelzen, to melt, fuse.
Schmelzpunkt, *m.*, –**e**, melting-point.
Schmelztiegel, *m.*, –, crucible, melting pot.
Schmelzung, *f.*, melting.
Schmelzungswärme, *f.*, heat of melting.
schmelzwürdig, worth smelting.
Schmerz, *m.*, –**en**, pain.
schmerzhaft, painful.
Schmiedeeisen, *n.*, wrought iron.
schmiedeeisern, made of wrought iron.
schmieden, to forge.
schmierig, greasy.
Schmiermittel, *n.*, –, lubricant.
Schmierseife, *f.*, –**n**, soft soap.
Schminke, *f.*, –, cosmetic.
Schmuckgegenstand, *m.*, ⸚**e**, object of adornment.
Schmucksachen, *f.*, *pl.*, jewels, ornaments.
Schmuckstein, *m.*, –**e**, ornamental stone.
Schneckengehäuse, *n.*, –, snail shell.
Schnee, *m.*, snow.
schneeähnlich, snow-like.
Schneegrenze, *f.*, –**n**, snow line.
Schneemasse, *f.*, –**n**, mass of snow.
schneidbar, capable of being cut.
schneiden, to cut.
schnell, fast, quick, rapid, sudden.
Schnelligkeit, *f.*, quickness.
Schnittfläche, *f.*, –**n**, section, plane of a transverse cut.
Schnur, *m.*, ⸚**e**, –**en**, string, cord.
schon, already, barely, alone, even.
schön, beautiful, fine.
Schönheit, *f.*, –**en**, beauty.
Schöpfer, *m.*, –, creator.
Schornstein, *m.*, –**e**, chimney, flue.
Schottland, *n.*, Scotland.
schreiben, to write.

Schreibkreide, *f.*, –**n**, crayon.
Schritt, *m.*, –**e**, step.
Schule, *f.*, –**n**, school.
Schüler, *m.*, –, scholar, pupil.
schütten, to pour.
schützen, to protect.
schwach, weak.
schwächen, to weaken.
Schwachstrombatterie′, *f.*, –**n**, weak-current battery.
Schwachstromleitung, *f.*, –**en**, weak-current line.
schwammförmig, spongiform.
schwanken, to oscillate.
Schwankung, *f.*, –**en**, fluctuation.
schwarz, black.
schwärzen, to blacken.
Schweden, *n.*, Sweden.
Schwefel, *m.*, –, sulphur (S).
schwefelarm, poor in sulphur.
Schwefelblumen, *f.*, *pl.*, flowers of sulphur.
Schwefeldampf, *m.*, *–̈e*, sulphur vapor.
Schwefeldioxyd′, *n.*, sulphur dioxide (SO_2).
Schwefeleisen, *n.*, sulphide of iron, ferrous sulphide, pyrites (FeS_2).
schwefelhaltig, sulphurous.
schwef(e)lig, sulphurous; —**e Säure**, sulphurous acid.
Schwefelkies, *m.*, pyrites (FeS_2).
Schwefelkohlenstoff, *m.*, bisulphide of carbon (CS_2).
Schwefelkupfer, *n.*, copper sulphide, cuprous sulphide (Cu_2S), cupric sulphide (CuS).
Schwefelmetall′, *n.*, –**e**, metallic sulphide.
Schwefelquelle, *f.*, –**n**, sulphur spring.
schwefelsauer, sulphuric; —**rer Baryt**, *m.*, barium sulphate ($BaSO_4$); —**rer Kalk**, calcium sulphate ($CaSO_4$); —**res Magnesium**, magnesium sulphate ($MgSO_4$).
Schwefelsäure, *f.*, sulphuric acid.
Schwefelsilber, *n.*, silver sulphide (AgS).
Schwefelverbindung, *f.*, –**en**, sulphur compound.
Schwefelwasserstoff, *m.*, hydrogen sulphide.
Schweißeisen, *n.*, –, weld-iron.
Schweiz, *f.*, Switzerland.
Schwelle, *f.*, –**n**, tie.
schwenken, to whirl.
schwer, heavy, severe, difficult; *adv.*, hardly, with difficulty.
Schwere, *f.*, gravity, weight.
Schwerkraft, *f.*, gravity.
Schwermetall′, *n.*, –**e**, heavy-metal.
Schwerspat, *m.*, barytes.
schwierig, difficult.
Schwierigkeit, *f.*, –**en**, difficulty.
schwimmen, to swim, float.
Schwindel, *m.*, dizziness.
Schwingung, *f.*, –**en**, vibration, oscillation.
See, *m.*, –**n**, sea, lake.
Seepflanze, *f.*, –**n**, sea plant.
Seeschwamm, *m.*, *–̈e*, sea sponge.
Seewasser, *n.*, –, sea water, salt-water.
Segen, *m.*, –, blessing.
sehen, to see, perceive.
sehr, very.
Seide, *f.*, –**n**, silk.
seiden, silk.
Seidenschnur, *f.*, *–̈e*, –**en**, silk lace, silk cord.
Seidenzeug, *n.*, –**e**, silk cloth, silk.
Seife, *f.*, –**n**, soap.
Seifenblase, *f.*, –**n**, soap bubble.

Seifenfabrikation′, *f.*, making of soap.
Seifensiederei′, *f.*, **–en**, soap manufactory.
Seifensiederlauge, *f.*, **–n**, soap (-boiler) lye.
Seil, *n.*, **–e**, rope.
Seiltransmission′, *f.*, **–en**, rope transmission.
sein, to be, exist.
sein, **seine**, **sein**, his, its.
seinerzeit, in his time.
seit, since.
seitdem′, *adv.*, since that time; *conj.*, since.
Seite, *f.*, **–n**, side.
seitlich, lateral.
seitwärts, sideways, laterally.
Sekret′, *n.*, **–e**, secretion.
Sekun′de, *f.*, **–n**, second.
selbst, self, itself; *adv.*, even.
selbständig, independent.
Selbstentlader, *m.*, –, automatic unloader.
selbstentzündlich, self-igniting.
Selbstentzündung, *f.*, **–en**, self-ignition.
Selbstreinigung, *f.*, **–en**, self-purification.
selbsttätig, automatic.
selbstverständlich, self-evident.
selten, rare; *adv.*, seldom.
Serienparallelschaltung, *f.*, **–en**, switching in parallel series.
Serpentin, *m.*, **–e**, serpentine (stone).
setzen, to set, put, place; *refl.*, to settle.
Sibi′rien, *n.*, Siberia.
sich, self, himself, herself, itself, each other, themselves.
sicher, sure.
Sicherheit, *f.*, safety, certainty.
Sicherheitsvorkehrung, *f.*, safety measure.
Sicherheitsventil′, *n.*, **–e**, safety valve.
sichtbar, visible.
sie, she, her, they, them, it.
sieb(en)zig, seventy.
Siedegefäß, *n.*, **–e**, boiling vessel.
sieden, to seethe, boil.
Siedepunkt, *m.*, **–e**, boiling point.
Siegellack, *m.* (*n.*), **–e**, sealing wax.
Siegellackstange, *f.*, **–n**, stick of sealing wax.
Signal′, *n.*, **–e**, signal.
Silber, *n.*, –, silver.
Silberdraht, *m.*, **⸚e**, silver wire.
silberglänzend, glistening like silver.
silberhell, silvery.
silbern, silver.
silberweiß, silver-white.
Silikat′, *n.*, **–e**, silicate.
Silikat′gestein, *n.*, **–e**, silicate rock.
Sili′zium, *n.*, silicon (Si).
sili′ziumarm, poor in silicon.
Sili′ziumgehalt, *n.*, **–e**, content (proportion) of silicon.
Sili′ziumoxyd′, *n.*, **–e**, silicic acid, oxide of silicon (SiO_2).
sili′ziumreich, rich in silicon.
sinken, to sink, fall.
Sinkstoff, *m.*, **–e**, substance which sinks.
Sinn, *m.*, **–e**, sense, mind.
Sinnesorgan′, *n.*, **–e**, organ of sense.
Sinterkohle, *f.*, **–n**, sinter coal.
sirupartig, syrup-like.
Sitte, *f.*, **–n**, habit, custom.
sitzen, to sit.
Sizi′lien, *n.*, Sicily.
Skala, *f.*, **–en**, **–s**, scale.
Skalenteil, *m.*, **–e**, division of a scale.
Smaragd′, *m.*, **–e**, emerald.

so, thus, in that manner, so, then.
sobald, as soon as.
Soda, *f.*, sodium carbonate, soda-ash.
Sodalösung, *f.*, **–en**, solution of sodium carbonate.
sodann′, then, after that.
so daß, so that.
sofern′, as far as.
sofort′, at once.
sofor′tig, immediate.
sogar, even.
sogenannt (sog.), so-called.
sogleich′, at once.
solan′ge, as long as.
solch′, such, such a.
Sole, *f.*, **–n**, brine.
solid′(e), solid.
sollen, to be to, have to; *aux.*, shall, should.
somit′, consequently, so, thus.
Sommer, *m.*, **–**, summer.
Sommersonne, *f.*, **–n**, summer sun.
sonderbar, peculiar.
sondern, but.
Sonne, *f.*, **–n**, sun.
Sonnenaufgang, *m.*, **⸚e**, sunrise.
Sonnenlicht, *n.*, sunlight.
Sonnenspektrum, *n.*, **–tren**, **–tra**, solar spectrum.
Sonnenstrahl, *m.*, **–en**, solar ray.
Sonnenwärme, *f.*, solar heat.
sonst, otherwise.
sonstig, other.
Sorge, *f.*, **–n**, care, anxiety.
sorgen, to provide (for).
sorgfältig, careful.
Sorte, *f.*, **–n**, kind, sort.
soweit′, so far.
sowie′, as well as.
sowohl′, as well, so well.
Spalt, *m.*, **–e**, split, crack.
Spaltpilze, *pl.*, schizomycetes, minute plants allied to the algæ.
Span, *m.*, **⸚e**, shaving, chip.
Spanien, *n.*, Spain.
spanisch, Spanish.
spannen, to stretch.
Spannung, *f.*, **–en**, tension, stress, electric pressure, voltage.
Spannungsabfall, *m.*, **⸚e**, decrease in voltage.
sparen, to economize.
spärlich, sparse, scarce, rare.
spät, late.
Spateisenstein, *m.*, **–e**, spathic iron, siderite.
Speckstein, *m.*, **–e**, steatite, soapstone.
Speise, *f.*, **–n**, food.
Speiseabschnitt, *m.*, **–e**, feeder, supply section.
Speiseleitung, *f.*, **–en**, feed line (cable), feeder.
speisen, to feed.
Speisesalz, *n.*, **–e**, common salt.
Speisung, *f.*, feeding.
Spektrum, *n.*, **–tren**, **–tra**, spectrum.
spezi′fisch, specific.
Spiegel, *m.*, **–**, mirror.
Spiegelbild, *n.*, **–er**, reflected image.
Spiegeleisen, *n.*, **–**, specular cast-iron.
Spiegelglasplatte, *f.*, **–n**, mirror plate.
Spiegelung, *f.*, **–en**, reflection.
Spiel, *n.*, **–e**, play, working (of a machine), process.
spielen, to play.
Spielraum, *m.*, **⸚e**, room for motion, space.
Spill, *n.*, **–e**, capstan.
Spirale, *f.*, **–n**, spiral.
Spitze, *f.*, **–n**, point.

Spitzenwirkung, *f.*, **–en**, effect of points.
Splitter, *m.*, –, splinter.
Sprache, *f.*, **–n**, speech, language.
sprechen, to speak, talk, say.
sprengen, to burst.
springen, to spring, pound, break.
spröd(e), brittle.
Sprudel, *m.*, –, hot-spring.
sprudeln, to effervesce.
Spur, *f.*, **–en**, track, trace.
Staat, *m.*, **–en**, state.
Staatsmann, *m.*, **⸚er**, statesman.
Stab, *m.*, **⸚e**, rod, bar.
Stadt, *f.*, **⸚e**, town, city; **—strecke**, *f.*, line (track) in the city.
städtisch, belonging to a city, municipal.
Stahl, *m.*, **⸚e**, steel.
Stahlmörser, *m.*, –, steel mortar.
Stahlseil, *n.*, **–e**, steel cable.
Stahlteilchen, *n.*, –, particle of steel.
Stahlzylin′der, *m.*, –, steel cylinder.
Stand, *m.*, **⸚e**, position; **imstande sein**, to be able.
Ständer, *m.*, –, pillar, post.
ständig, continual.
Standpunkt, *m.*, **–e**, standpoint.
Stange, *f.*, **–n**, stick, bar, rod.
Stangenform, *f.*, **–en**, stick-form.
Stangenschwefel, *m.*, –, roll-sulphur, stick-sulphur.
Stanniol′belegung, *f.*, **–en**, covering of tin-foil.
Stanniol′blatt, *n.*, **⸚er**, leaf of tin-foil.
stark, strong, great, heavy; *adv.*, strongly, much.
Stärke, *f.*, strength, thickness, intensity.
Stärkefabrik′, *f.*, **–en**, starch factory.
starr, stiff, rigid.
Station′, *f.*, **–en**, station.
Stations′beamte, *m.*, **–n**, station official.
statt, instead of.
statt′finden, to take place, occur, exist.
Sta′tue, *f.*, **–n**, statue.
Staub, *m.*, **–e**, dust.
Stearin′, *n.*, **–e**, stearine.
Stearin′säure, *f.*, **–n**, stearic acid.
stechendsauer, pungent, acidulous.
stehen, to stand.
stehend, sta′ionary, stagnant.
Steiermark, *f.*, Styria.
steif, stiff, firm, rigid.
steigen, to rise, increase.
steigern, to increase.
Steigung, *f.*, **–en**, grade.
Stein, *m.*, **–e**, stone.
Steingut, *n.* (**Steinware**, *f.*), earthenware, crockery.
Steinkohle, *f.*, **–n**, semi-bituminous coal, coal (less carbonized than anthracite).
Steinkohlenfeuerung, *f.*, fire of (firing with) bituminous coal.
Steinkohlenteer, *m.* (*n.*), **–e**, coal tar.
Steinkohlenwerk, *n.*, **–e** (mineral) coal mine.
Steinsalz, *m.*, **–e**, rock salt.
Steinsalzablagerung, *f.*, **–en**, deposit of rock salt.
Steinsalzlager, *n.*, –, bed of rock salt.
Stelle, *f.*, **–n**, place, spot; **an Ort und —**, in the proper place.
stellen, to put, place.
Stellung, *f.*, **–en**, position, arrangement.
sterben, to die.
Sternwarte, *f.*, **–n**, observatory.

stets, continually, always.
Stickstoff, *m.*, nitrogen.
stickstoffhaltig, nitrogenous.
Stickstoffkohle, *f.*, –**n**, nitrogenous coal.
Stickstoffverbindung, *f.*, –**en**, nitrogenous compound.
Stiel, *m.*, –**e**, handle.
Stift, *m.*, –**e**, pencil, crayon.
still, still, silent.
Stillstand, *m.*, ⁼**e**, stand-still, stop.
Stoff, *m.*, –**e**, matter, substance, material.
Stöpsel, *m.*, –, stopper.
stören, to disturb.
Störung, *f.*, –**en**, disturbance, interruption.
Stoß, *m.*, ⁼**e**, thrust, push, shove, blow, joint.
stoßen, to push, knock, strike, pound, crush.
Stoßkraft, *f.*, ⁼**e**, impulsive force.
stoßweise, by jerks.
Strahl, *m.*, –**en**, ray, jet, beam.
strahlen, to shine.
Strahlenquelle, *f.*, –**n**, source of rays.
Strahlung, *f.*, –**en**, radiation.
Strandpflanze, *f.*, –**n**, shore plant.
Straße, *f.*, –**n**, street.
Straßenbahn, *f.*, –**en**, tramway, street railway.
Straßenbahnwagen, *m.*, –, street car.
Straßenschotter, *m.*, –, crushed stone.
sträuben, to stand on end, bristle up.
streben, to strive.
Strecke, *f.*, –**n**, stretch, line.
Streckenbatterie, *f.*, –**n**, short-distance battery, line battery.
streichen, to stroke.
Streich(zünd)holz, *n.*, ⁼**er**, match.
streng(e), strict.
Streu, *f.*, –**en**, litter, bed of straw.
Streumaterial′, *n.*, –**ien**, strewing material, litter.
Strich, *m.*, –**e**, line, stroke.
Stroh, *m.*, straw.
Strohgeflecht, *n.*, –**e**, straw plaited work, straw braid.
Strom, *m.*, ⁼**e**, current.
Stromabnahme, *f.*, –**n**, loss (taking) of current.
Stromabnehmerbügel, *m.*, –, bow-trolley.
strömen, to stream, flow.
Strommenge, *f.*, –**n**, amount of current.
Stromstärke, *f.*, –**n**, strength of current.
Stromübergang, *m.*, ⁼**e**, passage of current.
Strömung, *f.*, –**en**, current.
Stromversorgung, *f.*, supplying of current.
Struktur′, *f.*, –**en**, structure.
Stück, *n.*, –**e**, piece, distance.
studieren, to study.
Studierzimmer, *n.*, –, study.
Studium, *n.*, –**ien**, study.
Stunde, *f.*, –**n**, hour.
Stundenleistung, *f.*, hourly capacity.
stündlich, hourly.
stürmisch, stormy, tempestuous.
Stütze, *f.*, –**n**, support.
stützen, to support; *refl.*, to rest (upon).
Sublimat′, *n.*, –**e**, sublimate.
Substanz′, *f.*, –**en**, substance, matter.
suchen, to seek, try.
südlich, southerly.
Summa, *f.*, –**en**, sum; **in** —, totalling.
Sumpf, *m.*, ⁼**e**, swamp.
Sürth, Surth.

suspendieren, to suspend.
süßlich, sweetish.
Synonym′, *n.*, **–e**, **–en**, synonym.

T

Tabelle, *f.*, **–n**, table.
Tafel, *f.*, **–n**, slate, blackboard.
Tafelgerät, *n.*, **–e**, table ware.
Tafelsalz, *n.*, **–e**, table salt.
Tag, *m.*, **–e**, day; **zutage fördern**, to bring up (from a mine); **zutage treten**, to crop out, appear.
täglich, daily, diurnal.
Talg, *m.*, **–e**, tallow.
Talk, *m.*, **–e**, talc.
Talsohle, *f.*, **–n**, valley bottom.
Talsperre, *f.*, **–n**, dam.
tätig, active.
Tatsache, *f.*, **–n**, fact.
tatsächlich, actual.
Tau, *m.*, **–e**, dew.
tauchen, to dip, immerse.
Taupunkt, *m.*, **–e**, dew-point.
tausend, thousand.
Tausend, *n.*, **–e**, thousand.
Technik, *f.*, **–en**, science, technics, technology.
Techniker, *m.*, **–**, technician.
technisch, technical.
Technologie′, *f.*, technology.
Teer, *m.*, **–e**, tar.
teigig, doughy.
Teil, *m.* (*n.*), **–e**, part; portion.
teilbar, divisible.
Teilbarkeit, *f.*, divisibility.
Teilchen, *n.*, **–**, particle, atom, molecule.
teilen, to divide.
teil′nehmen, to take part in.
teils, partly.
Teilstrich, *m.*, **–e**, mark of division.
Teilung, *f.*, **–en**, division.
teilweise, partial; *adv.*, partly.
Telegra′phenli′nie, *f.*, **–n**, telegraph line.
Telegraphie′, *f.*, telegraphy.
Telephonie′, *f.*, telephony.
Teller, *m.*, **–**, plate.
Temperatur′, *f.*, **–en**, temperature.
Temperatur′abnahme, *f.*, **–n**, decrease of temperature.
Temperatur′erhöhung, *f.*, **–en**, increase of temperature.
Temperatur′erniedrigung, *f.*, **–en**, lowering of temperature.
Temperatur′grad, *m.*, **–e**, degree of temperature.
Temperatur′schwankung, *f.*, **–en**, fluctuation of temperature.
Temperatur′steigerung, *f.*, **–en**, increase of temperature.
Temperatur′unterschied, *m.*, **–e**, difference of temperature.
Temperatur′veränderung, *f.*, **–en**, change of temperature.
Temperatur′verhältnis, *n.*, **–se**, condition of temperature.
Temperatur′wechsel, *m.*, **–**, change of temperature.
Temperatur′zunahme, *f.*, **–n**, increase of temperature.
tertiär′, tertiary.
teuer, expensive.
theore′tisch, theoretical.
Theorie′, *f.*, **–n**, theory.
thermisch, thermal.
Thermome′ter, *n.* (*m.*), **–**, thermometer.
thermome′terähnlich, similar to a thermometer.
Thermosäule, *f.*, **–n**, thermopile.
Thüringen, *n.*, Thuringia.
tief, deep, low.
Tiefe, *f.*, **–n**, depth, deep.
Tie′fentemperatur′, *f.*, **–en**, depth of temperature, temperature of the depths.

Tiefland, *n.*, ⁼er, lowlands.
Tier, *n.*, –e, animal.
tierisch, animal.
Tierkohle, *f.*, –n, animal charcoal.
Tierkörper, *m.*, –, animal body.
Tierleib, *m.*, –er, animal body.
Tierreich, *n.*, animal kingdom.
Tierstoff, *m.*, –e, animal matter.
Tisch, *m.*, –e, table, platform.
Tod, *m.*, death.
Toluol′, *n.*, toluene.
Ton, *m.*, –e, clay.
Tonerde, *f.*, –n, alumina, aluminum oxide (Al_2O_3).
Tongefäß, *n.*, –e, earthen vessel.
Tonkugel, *f.*, –n, clay pellet.
Tonpfropf, *m.*, ⁼e, –e, clay plug.
Tonschicht, *f.*, –en, clay stratum.
Topas, *m.*, –e, topaz.
Topf, *m.*, ⁼e, pot, jar; **papinianischer —**, Papin's digester.
Torf, *m.*, –e, ⁼e, peat.
Torfkohle, *f.*, –n, peat charcoal.
Torfmull, *n.* (*m.*), –e, dust of peat.
töten, to kill.
Tourenzahl, *f.*, –en, number of revolutions.
tragen, to bear, carry.
Träger, *m.*, –, girder, beam.
Tragfähigkeit, *f.*, –en, carrying capacity.
Tragseil, *n.*, –e, (suspension) wire cable.
tränken, to soak, saturate.
Transpiration′, *f.*, –en, perspiration, transpiration.
Transportkosten, *f.*, *pl.*, cost of transportation.
treffen, to hit, strike.
treiben, to drive, carry, impel, expel.
trennbar, separable.
trennen, to part, separate, decompose.
Trennung, *f.*, –en, separation.
Trennungsli′nie, *f.*, –n, line of division.
Treppenstein, *m.*, –e, stone step.
treten, to tread, enter, step.
Trinkwasser, *n.*, –, drinking water.
Trinkwasserversorgung, *f.*, supply(ing) of drinking water.
trocken, dry.
Trockenheit, *f.*, dryness.
trocknen, to dry.
tropfbarflüssig, liquid, guttiform.
Tropfen, *m.*, –, drop.
Tropfstein, *m.*, –e, stalactite.
trotz, in spite of.
trübe, muddy, turbid.
trüben, to make cloudy; *refl.*, to become turbid.
Trunkenheit, *f.*, –en, intoxication.
Tuch, *n.*, ⁼er, cloth.
tüchtig, effective.
Tunnel, *m.*, –s, –, tunnel.
Turbodynamo, *m.*, –s, turbodynamo.
Turm, *m.*, ⁼e, tower.
typisch, typical.

U

über, over, above, on, upon, more than.
überall′, everywhere.
überbli′cken, to perceive, survey.
überdies′, besides, moreover.
überein′stimmen, to agree.
Überein′stimmung, *f.*, –en, agreement.
ü′berfahren, to pass over.

Überfluß, *m.*, ⁻sse, superabundance.
ü'berflüssig, superfluous.
überflu'ten, to overflow.
ü'berführen, to lead over; — **in**, to transform (convert) into.
Überführung, *f.*, **–en**, transformation.
Übergang, *m.*, ⁻**e**, passage, change, transition, jumping.
ü'bergehen, to pass (over); — **in**, to change into.
übergie'ßen, to cover (by pouring).
überhaupt', in general, at all.
Überhitzerfläche, *f.*, **–n**, superheated surface.
Überlegenheit, *f.*, superiority.
Überlegung, *f.*, **–en**, consideration.
Übermitt(e)lung, *f.*, **–en**, transmission.
überschrei'ten, to cross, exceed.
Überschreitung, *f.*, **–en**, crossing, excess.
Überschwemmung, *f.*, **–en**, inundation.
Ü'bersicht, *f.*, **–en**, view, summary.
ü'berspringen, to leap over, flash out.
Überspringen, *n.*, jumping.
übertra'gen, to transmit, transfer.
übertref'fen, to surpass.
überwäl'tigen, to overcome.
Überweg, *m.*, **–e**, crossing.
überwie'gend, predominant.
überwin'den, to overcome.
Überwindung, *f.*, **–en**, overcoming.
überzie'hen, to cover, coat.
Ü'berzug, ⁻**e**, coating.
übrig, left (over), remaining, other; — **bleiben**, to remain; **im —en**, furthermore.
übrigens, moreover.
Übung, *f.*, **–en**, exercise, practice.
U-förmig, U-shaped.
Uhr, *f.*, **–en**, clock, watch, hour.
Ultramarin', *n.*, **–e**, ultramarine.
um, *prep.*, round, around, by; *adv.*, about, around; *conj.*, in order to; — **so stärker**, by so much the stronger.
Umdrehung, *f.*, **–en**, revolution.
Umdrehungsgeschwindigkeit, *f.*, velocity of rotation.
Umfang, *m.*, ⁻**e**, circumference, extent.
umfangreich, extensive.
umfas'sen, to embrace.
Umformer, *m.*, –, transformer.
Umformung, *f.*, transforming.
umge'ben, to surround, enclose.
Umgebung, *f.*, **–en**, surroundings, space about, neighborhood, environs.
umgekehrt, opposite; *adv.*, inversely, conversely, vice-versa.
um'gießen, to pour from one vessel into another.
umgie'ßen, to surround with a fluid.
Umkehr, *f.*, turning back, return.
um'kristallisieren, to recrystallize.
Umlaufszahl, *f.*, **–en**, number of revolutions.
um'liegend, surrounding.
um'rechnen, to change, reduce.
Umrechnung, *f.*, **–en**, reduction.
Umschaltung, *f.*, **–en**, switching, commutation.
umschließ'en, to enclose.
um'schmelzen, to remelt.
Umsetzung, *f.*, **–en**, transposition, transformation, reaction, decomposition.

Umsetzungsverhältnis, *n.*, –se, ratio of transformation.
Um'stand, *m.*, ⸗e, circumstance, difficulty; **unter Umständen**, under certain conditions.
umständlich, troublesome.
Umwälzung, *f.*, –**en**, revolution.
um'wandeln, to change, convert.
Umwandlung, *f.*, –**en**, change, conversion.
Umwandlungsprozeß', *m.*, –sse, metamorphosis.
um'wickeln, to wrap round.
unabän'derlich, unchangeable.
un'abhängig, independent.
un'angenehm, unpleasant.
unbedenk'lich, unobjectionable; *adv.*, without hesitation.
un'bedingt *or* **unbedingt'**, unqualified, absolute.
un'befriedigt, unsatisfied.
un'begrenzt, unlimited.
un'bekannt, unknown.
un'benutzt, unused.
un'bequem, inconvenient.
un'beständig, unstable.
un'bestimmt, undetermined.
un'brauchbar, useless.
und, and.
undenk'bar, inconceivable.
un'durchlässig, impervious.
un'durchsichtig, opaque.
un'edel, base.
un'elektrisch, non-electric(al).
unergründ'lich, unfathomable.
unerschöpf'lich, inexhaustible.
unfass'bar, incomprehensible.
un'geahnt, unsuspected.
un'gefähr, approximate, general.
un'geheuer, immense.
un'gehindert, unchecked.
un'geladen, neutral.
un'gemein *or* **ungemein'**, uncommon.
un'genügend, insufficient.
un'geröstet, unroasted.
un'gesund, unhealthy.
un'geteilt, undivided.
un'gleich, unequal; *adv.*, incomparably.
un'gleichartig, heterogeneous.
un'gleichförmig, not uniform.
un'gleichnamig, opposite.
Unglücksfall, *m.*, ⸗e, accident.
un'günstig, unfavorable.
un'kristallisiert', non-crystalline.
un'löslich, insoluble.
un'mittelbar, immediate, direct.
un'möglich, impossible.
un'nütz, useless.
un'organisch, inorganic.
un'rein, impure.
unschäd'lich, harmless.
Unschädlichmachung, *f.*, purification.
unschätz'bar, invaluable.
un'schmackhaft, insipid.
unschmelz'bar, infusible.
unser, **uns(e)re**, **unser**, our.
un'sicher, uncertain.
un'sichtbar, invisible.
unten, below, beneath.
untenher'; **von** —, from below.
unter, under, below, lower, among, with.
Unterabteilung, *f.*, –**en**, subdivision.
un'terbringen, to put away, place.
un'tergehen, to sink, be submerged.
un'terhalb, below.
unterhal'ten, to maintain, sustain, support.
Unterhaltung, *f.*, –**en**, maintenance.
un'terkühlen, to cool down.
Unterlage, *f.*, –**n**, support, base.

Unternehmung, *f.*, –en, enterprise.
Unterricht, *m.*, –e, instruction, teaching.
unterschei′den, to distinguish; *refl.*, to differ.
Unterscheidung, *f.*, –en, distinction.
Unterschied, *m.*, –e, difference.
untersu′chen, to investigate, examine.
Untersuchungsmethode, *f.*, –n, method of investigation.
un′tertan, subject to.
unterwer′fen, to subject.
untrenn′bar, inseparable.
unüberseh′bar, immense.
unumstöß′lich, irrefutable, incontestable.
un′unterbro′chen, uninterrupted.
unverän′derlich, unchangeable.
unverän′dert, unchanged.
un′wichtig, unimportant.
un′wirtschaftlich, uneconomical.
unzäh′lig, numberless.
Ural′, *m.*, Ural Mountains.
Ursache, *f.*, –n, cause.
Ursprung, *m.*, ⁼e, origin.
ursprünglich, original.
Urstoff, *m.*, –e, primary matter.

V

vagabundieren, to stray.
Vater, *m.*, ⁼, father.
vegeta′bilisch, vegetable.
Vegetation′, *f.*, vegetation.
Ventil′, *n.*, –e, valve.
Verallgemeinerung, *f.*, –en, generalization.
verändern, to change, modify.
Veränderung, –en, change.
veranlassen, to cause.
veranschaulichen, to illustrate.
Veranschaulichung, *f.*, –en, illustration.
Verarbeitbarkeit, *f.*, capability of being worked.
verarbeiten, to work (up), reduce.
Verarbeitung, *f.*, –en, working (up), reduction.
Verbesserung, *f.*, –en, improvement.
verbinden, to bind (up), connect; *refl.*, to unite, connect.
Verbindung, *f.*, –en, compound, connection, relation, union.
Verbindungsrohr, *n.*, –e, connecting tube.
Verbindungsstelle, *f.*, –n, place of joint.
verbrauchen, to consume, use (up).
Verbrauchspunkt, *m.*, –e, point (place) of consumption (use).
verbreiten, to spread, transmit; *refl.*, to distribute.
Verbreitung, *f.*, –en, diffusion, distribution, range.
Verbreitungsbezirk, *m.*, –e, district of distribution.
verbrennen, to burn.
Verbrennung, *f.*, –en, burning, combustion.
Verbrennungsprodukt′, *n.*, –e, product of combustion.
Verbrennungsprozeß′, *m.*, –sse, process of combustion.
Verbrennungsschacht, *m.*, –e, ⁼e, combustion stack, fireroom (of a blast furnace).
Verbrennungstemperatur′, *f.*, temperature of combustion.
Verbrennungswärme, *f.*, heat of combustion.
verdächtig, suspicious.
verdampfen, to vaporize, evaporate.

Verdampfung, *f.*, –**en**, vaporization, evaporation.
Verdampfungswärme, *f.*, heat of vaporization (evaporation).
verdecken, to conceal, disguise.
verdichten, to condense.
Verdichtung, *f.*, –**en**, condensation.
Verdichtungspumpe, *f.*, –**n**, condensing pump.
verdienen, to deserve.
Verdoppelung, *f.*, doubling.
verdrängen, to drive out, displace.
verdunkeln, to darken.
verdünnen, to dilute.
Verdünnung, *f.*, –**en**, dilution.
verdunsten, to evaporate, vaporize, volatilize.
Verdunstung, *f.*, –**en**, evaporation, volatilization.
Verdunstungskälte, *f.*, cold of vaporization.
verehren, to revere.
vereinigen, to unite, combine.
Vereinigung, *f.*, –**en**, union, combination.
verfahren, to proceed, set (go) to work.
Verfahren, *n.*, procedure, process, method.
verfertigen, to make, construct.
verflossen, past, last; **im —en Jahre**, last year.
verflüssigen, to liquefy.
Verflüssigung, *f.*, –**en**, liquefaction.
Verflüssigungswärme, *f.*, heat of liquefaction.
verfolgen, to pursue.
verfügen (über), to have at disposal, dispose of, command.
Verfügung, *f.*, –**en**, disposal, disposition; **zur — stehen**, to be at disposal.
vergasen, to gasify.
Vergasung, *f.*, –**en**, vaporization.
vergehen, to pass (away), perish.
vergießen, to pour, cast.
Vergiftung, *f.*, –**en** poisoning.
Vergleich, *m.*, –**e**, comparison.
vergleichen, to compare.
vergolden, to gild.
vergrößern, to increase.
verhalten, *refl.*, to behave, be (in a certain condition *or* position).
Verhalten, *n.*, behavior.
Verhältnis, *n.*, –**se**, relation, circumstance, ratio.
verhältnismäßig, comparative, relative, proportional; *adv.*, relatively.
Verhandlung, *f.*, –**en**, negotiation.
verhängnisvoll, fatal, fateful, unfortunate.
verharren, to abide, remain.
verhindern, to prevent.
verhütten, to smelt, treat an ore.
Verhüttung, *f.*, extraction (smelting) of metal.
verkaufen, to sell.
Verkehr, *m.*, traffic.
verkehren, to travel.
verkleinern, to diminish.
verkohlen, to carbonize.
Verkohlung, *f.*, carbonization.
Verkohlung(s)prozeß′, *m.*, –**sse**, process of carbonization.
Verladen, *n.*, unloading, discharging.
verlangen, to desire, require, demand.
verlängern, to lengthen.
Verlängerung, *f.*, lengthening.
verlangsamen, to retard.
verlassen, to leave, forsake.
Verlauf, *m.*, ⸗**e**, course.
verlegen, to lay, install.

Verlegung, *f.*, **–en**, laying.
verleihen, to give, impart.
verletzen, to hurt, injure.
verlieren, to lose.
verlöschen, to be extinguished.
vermeiden, to avoid.
Vermeidung, *f.*, avoidance.
vermindern, to diminish.
Verminderung, *f.*, **–en**, diminution.
vermischen, to mix.
vermitteln, to facilitate, mediate, interpose.
vermöge, by virtue of.
vermögen, to be able.
Vermögen, *n.*, power, capacity.
vermuten, to suspect.
vernachlässigen, to neglect.
Verpuffung, *f.*, **–en**, explosion.
verringern, to decrease, diminish.
Versand, *m.*, **–e**, dispatch, exportation; **zum — kommen**, to be shipped.
verschaffen, to furnish; **sich —**, to acquire.
verschieben, to displace.
verschieden, different, various.
verschiedenartig, different, heterogeneous.
Verschiedenheit, *f.*, **–en**, difference, diversity, variety.
verschlacken, to be reduced to slag.
Verschleimung, *f.*, obstruction with mucus.
verschließbar, capable of being closed.
verschließen, to close.
verschmelzen, to melt together.
verschwenderisch, prodigal, lavish.
verschwinden, to disappear.
versehen, to provide (**mit**, with).
versengen, to singe, burn.
versetzen, to remove, mix; **in einen Zustand —**, to put in a certain state.
versickern, to leak, trickle away.
versieden, to evaporate.
versilbern, to silver (over).
versorgen, to supply, provide.
versprechen, to promise.
Verstand, *m.*, **–e**, intellect, mind, mental power(s).
Verständnis, *n.*, **–se**, comprehension, understanding.
verstärken, to strengthen, increase.
verstehen, to understand; **das versteht sich**, that is a matter of course.
Versuch, *m.*, **–e**, experiment, attempt, effort.
versuchen, to try, attempt.
verteilen, to divide, distribute.
Verteilung, *f.*, **–en**, distribution.
Vertiefung, *f.*, **–en**, cavity.
vertraut, intimate.
vertreiben, to drive away, expel.
vertreten, to take one's place, represent.
verun'reinigen, to contaminate.
Verun'reinigung, *f.*, **–en**, dirt, contamination, impurity.
verur'sachen, to cause, occasion.
Vervoll'kommnung, *f.*, **–en**, improvement, perfection.
verwandeln, to change.
Verwandlung, *f.*, **–en**, change, transformation.
verwandt, related.
Verwandtschaft, *f.*, **–en**, relationship, affinity.
verweisen, to refer.
verwendbar, available.
verwenden, to use, employ, consume.
Verwendung, *f.*, **–en**, use, application.

Verwendungsart, *f.*, **–en**, way of using.
Verwendungszweck, *m.*, **–e**, purpose (for which used).
verwerten, to utilize.
Verwertung, *f.*, utilization.
verwesen, to putrefy, decay.
Verwesung, *f.*, decay, decomposition.
verwischen, to efface.
verwittern, to decay *or* disintegrate through action of the atmosphere.
Verwitterung, *f.*, **–en**, weathering, decomposition, disintegration.
verzehren, to consume.
verzeichnen, to register.
verzögern, to retard.
viel, much, many.
vielfach, manifold, various.
Vielfachsteu(e)rung, *f.*, **–en**, master-control system.
vielleicht, perhaps.
vielmehr′, rather, on the contrary.
viel′seitig, many-sided.
Viel′seitigkeit, *f.*, many-sidedness.
vier, four.
vierte, fourth.
violett′, violet.
Vitriol′, *m.* (*n.*), vitriol.
Vitriolöl, *n.*, oil of vitriol, sulphuric acid (H_2SO_4).
Vogel, *m.*, **≃**, bird.
Vogelfeder, *f.*, **–n**, feather of a bird.
Völkerstamm, *m.*, **≃e**, race, tribe.
volkswirtschaftlich, relating to political economy, politico-economic.
voll, full.
vollends, fully, completely.
Vollendung, *f.*, termination, consummation.
völlig, full, entire, complete.
vollkom′men, full, complete, entire.
voll′ständig, complete, entire.
vollzie′hen, to carry out, consummate.
Volt, *n.*, **–**, **–e**, volt.
Voltmeter, *n.* (*m.*), **–**, voltmeter.
Volu′men, *n.*, *pl.* **Volumina** *or* **–**, volume.
Volu′meneinheit, *f.*, **–en**, unit of volume.
Volu′menveränderung, *f.*, **–en**, change of volume.
Volu′menzunahme, *f.*, **–n**, increase of volume.
von, from, of, by, about, concerning, on, upon.
voneinander, from one another, from each other.
vor, before, above.
Voralpen, *f.*, *pl.*, Lower Alps.
voraus′berechnen, to calculate in advance.
voraus′gehen, to precede.
voraus′setzen, to presuppose.
vorbei′ziehen, to pass.
vor′bereiten, to prepare.
Vordergrund, *m.*, **≃e**, foreground.
vorderst, foremost.
Vorfeu(e)rung, *f.*, **–en**, preheating.
vor′finden, to find; *refl.*, to be in existence.
Vorgang, *m.*, **≃e**, process, procedure, phenomenon.
Vorgebirge, *n.*, **–**, foot-hills.
vorhan′den, present, existing.
Vorhandensein, *n.*, existence, presence.
vorher′, before, previously.
vor′herrschen, to predominate.
vorig, preceding, last.
Vorkehrung, *f.*, **–en**, preventive measure, precaution; **—en**

treffen, to take (precautionary) measures.
vor'kommen, to occur, be found.
Vorland, *n.*, ⁻er, foreland, surrounding district.
vor'läufig, for the present.
Vorlesung, *f.*, –en, lecture.
vor'liegen, to be placed before, be in hand, be under consideration.
vor'nehmen, to undertake.
vor'nehmlich, chiefly.
Vorortsbahn, *f.*, –en, suburban line.
Vorratsgrube, *f.*, –n, bin.
Vorrichtung, *f.*, –en, contrivance, mechanism, apparatus.
Vorschlag, *m.*, ⁻e, proposal, suggestion.
vor'schreiten, to progress.
vor'sehen, to provide for.
Vorsichtsmaß'regel, *f.*, –n, precautionary measure.
vor'stellen, to represent; **sich** —, to think (of).
Vorstellung, *f.*, –en, idea, conception.
Vorteil, *m.*, –e, advantage; — **ziehen**, to derive advantage.
vor'teilhaft, advantageous.
vorü'bergehend, temporary.
vor'wärmen, to heat previously.
Vor'wärmung, *f.*, –en, preliminary heating.
vor'weltlich, antemundane, of a primitive world.
vor'wiegend, mainly.
Vorzeichen, *m.*, –, sign, symbol.
vor'ziehen, to prefer.
Vor'zug, *m.*, ⁻e, preference, advantage.
vorzüg'lich, excellent, principal; *adv.*, especially.
vor'zugsweise, especially, chiefly.
Vulkan', *m.*, –e, volcano.
vulka'nisch, volcanic.

W

Wachs, *n.*, –e, wax.
wachsen, to grow, increase.
wachsglänzend, with waxy lustre.
Wachspapier', *n.*, –e, wax-paper.
Wachstaffet, *m.*, –e, oil-silk.
Wachstum, *n.*, ⁻er, growth.
Waffe, *f.*, –n, weapon.
wägbar, weighable, ponderable.
Wagen, *m.*, –, street-car, interurban car.
Wagenausrüstung, *f.*, –en, car equipment.
Wagenmotor, *m.*, –en, street-car motor, railway motor.
Wagenrad, *n.*, ⁻er, carriage wheel.
Wagenverkehr, *m.*, movement of railway cars.
wagerecht, horizontal.
Wägung, *f.*, –en, weighing.
Wahl, *f.*, –en, choice, selection.
wählen, to choose, make.
wahr, true.
während, during, while.
wahrhaft, true, real.
Wahrheit, *f.*, –en, truth.
wahr'nehmbar, perceivable, perceptible.
wahr'nehmen, to perceive.
wahrschein'lich, probable.
Wald, *m.*, ⁻er, forest.
waldreich, (richly) wooded.
Waldung, *f.*, –en, forest.
Walze, *f.*, –n, roller.
walzen, to roll out, mill.
Wand, *f.*, ⁻e, wall.
Wannseebahn, *f.*, –en, line to Wannsee.
warm, warm.
warmblütig, warm-blooded.

Wärme, *f.*, heat.
Wärmeabgabe, *f.*, –n, loss of heat.
Wärmeabnahme, *f.*, –n, decrease of heat.
Wärmeäquivalent′, *n.*, –e, thermal equivalent.
Wärmeeinheit, *f.*, –en, heat unit, calorie.
Wärmeempfindung, *f.*, –en, sensation of heat.
Wärmeenergie, *f.*, –n, thermal energy.
Wärmeentwicklung, *f.*, –en, development of heat.
Wärmeerscheinung, *f.*, –en, thermal phenomenon.
Wärmeerzeugung, *f.*, –en, production of heat.
Wärmegewinn, *m.*, –e, gain in heat.
Wärmegrad, *m.*, –e, degree of heat.
Wärmekapazität′, *f.*, –en, calorific capacity.
Wärmelehre, *f.*, –n, theory of heat.
Wärmeleiter, *m.*, –, conductor of heat.
Wärmeleitung, *f.*, –en, convection of heat.
Wärmeleitungsfähigkeit, *f.*, –en, heat conductivity.
Wärmemenge, *f.*, –n, amount of heat.
Wärmequelle, *f.*, –n, source of heat.
Wärmestrahl, *m.*, –en, ray of heat.
Wärmestrahlung, *f.*, –en, radiation of heat.
Wärmeübergang, *m.*, ⸚e, passage of heat.
Wärmeübertragung, *f.*, –en, transmission of heat.
Wärmeverbrauch, *m.*, consumption of heat.
Wärmeverbreitung, *f.*, distribution of heat.
Wärmeverlust, *m.*, –e, loss of heat.
Wärmewirkung, *f.*, –en, heat effect.
Wärmezeiger, *m.*, –, thermoscope.
Wärmezufuhr, *m.*, conveyance of heat.
Wärmezustand, *m.*, ⸚e, thermal condition.
warten, to wait.
warum, why?
was, what? that, that which.
Wäsche, *f.*, –n, washing, linen, place where ore is washed.
waschen, to wash.
Waschmittel, *n.*, –, laundry accessory.
Waschprozeß, *m.*, –sse, washing process.
Wasser, *n.*, –, ⸚, water.
Wasserabscheider, *m.*, water separator.
Wasserbedarf, *m.*, need of water.
Wasserdampf, *m.*, ⸚e, steam, aqueous vapor.
Wasserfläche, *f.*, –n, surface of water.
wasserfrei, anhydrous.
Wasserglas, *n.*, ⸚er, tumbler, water-glass, silicate of potassium.
wasserhaltig, hydrated; **—es Eisenoxyd**, *n.*, hydrous oxide of iron.
Wasserheizung, *f.*, –en, hot-water heating.
wässerig, aqueous.
Wasserkraft, *f.*, ⸚e, water power.
Wasserleitung, *f.*, –en, water works, water pipes.

Wassermasse, *f.*, **–n**, mass of water.
Wassermenge, *f.*, **–n**, quantity of water.
Wasserschwingung, *f.*, **–en**, oscillation of water.
Wasserspülung, *f.*, **–en**, water drainage.
Wasserstand, *m.*, **⸗e**, height of water.
Wasserstoff, *m.*, hydrogen (H).
Wasserstoffgas, *n.*, **–e**, hydrogen gas.
wasserstoffhaltig, hydrogenous.
Wasserstoffoxyd′, *n.*, **–e**, hydrogen oxide.
Wasserströmung, *f.*, **–en**, flood.
Wassertröpfchen, *n.*, **–**, drop of water.
wasserundurchlässig, impervious to water.
Wasserversorgung, *f.*, **–en**, supply(ing) of water.
Wasserwerk, *n.*, **–e**, water-works.
Wasserwirtschaft, *f.*, distribution of water.
Wechsel, *m.*, **–**, change.
wechseln, to change.
Wechselstrom, *m.*, **⸗e**, alternating current (A. C.).
wecken, to wake, rouse.
weder, neither; — . . . **noch**, neither . . . nor.
Weg, *m.*, **–e**, way, manner, mode, means.
wegen, on account of.
weg′laufen, to run away.
weg′leiten, to conduct away.
weg′schwemmen, to wash away.
weich, soft, easily affected.
Weiche, *f.*, **–n**, switch, transposition of parallel wires.
Weichwerden, *n.*, softening.
Weide, *f.*, **–n**, willow, osier.
weil, while, because, since, as.
Wein, *m.*, **–e**, wine.
Weingeist *m.*, **–e**, alcohol.
weingeistig, alcoholic.
Weingeistthermome′ter, *n.*, **–**, alcohol thermometer.
Weinmost, *m.*, **–e**, grape-juice.
Weinsäure, *f.*, **–n**, tartaric acid.
Weinstock, *m.*, **⸗e**, (grape) vine.
Weise, *f.*, **–n**, manner, way.
Weisheit, *f.*, wisdom, knowledge.
weiß, white.
weißglühend, incandescent.
weit, far, wide, large; **bei —em**, by far.
weiter, farther, further.
weitgehend, far reaching, ample.
welcher, **—e**, **—es**, which? what? who, that, which.
Welle, *f.*, **–n**, wave, shaft.
Wellentransmission, *f.*, **–en**, shaft transmission.
Welt, *f.*, **–en**, world, universe.
Weltenraum, *m.*, **⸗e**, space, universe.
wenig, little, few; *adv.*, a little.
wenigstens, at least.
wenn, when, if, whenever.
werden, to become, be, grow.
werfen, to throw.
Werk, *n.*, **–e**, work, works.
Werkstatt, *f.*, **⸗en**, workshop.
Werkstätte, *f.*, **–n**, workshop.
Wert, *m.*, **–e**, worth, value.
wertlos, worthless.
wertvoll, valuable.
Wesen, *n.*, essence, substance, nature, manner of being, condition.
wesentlich, essential, substantial, real; **im —en**, essentially.
Wesseling, (town of) Wesseling.
Westinghouse-Bremse, *f.*, Westinghouse brake.
Wetterkunde, *f.*, meteorology.
wichtig, weighty, important.

Wichtigkeit, *f.*, importance.
Widerle'gung, *f.*, –**en**, refutation.
widerlich, offensive.
Widerspruch, *m.*, ⸗**e**, contradiction.
Widerstand, *m.*, ⸗**e**, resistance; — **leisten**, to offer resistance.
widerstandsfähig, capable of offering resistance.
Widerstandsfähigkeit, *f.*, –**en**, capability of resisting.
widerste'hen, to resist.
wie, how, as; — **auch**, how(so)-ever.
wieder, again.
Wiederbelebungsversuch, *m.*, –**e**, attempt to restore to life.
wie'dererzeugen, to reproduce.
wie'dergeben, to give back.
wiederher'stellen, to reestablish, restore.
Wiederher'stellung, *f.*, –**en**, restoration.
wiederho'len, to repeat.
wiederholt', repeated(ly).
wiederum, again.
Wiese, *f.*, –**n**, meadow.
wieviel, how much? how many?
Wille(n), *m.*, –**n**, will.
willig, willing.
will'kürlich *or* **willkür'lich**, arbitrary.
Winde, *f.*, –**n**, windlass, winch.
Winderhitzer, *m.*, –, (blast furnace) stove.
Windkessel, *m.*, –, air chamber.
Winkel, *m.*, –, angle, corner.
Winter, *m.*, –, winter.
wir, we.
wirken, to work, act, operate.
Wirken, *n.*, activity.
wirklich, real, actual.
Wirklichkeit, *f.*, –**en**, reality, actuality.
wirksam, operative, active.
Wirkung, *f.*, –**en**, effect, agency, action.
Wirkungsfähigkeit, *f.*, –**en**, efficiency.
Wirkungsgebiet, *n.*, –**e**, sphere of activity.
wirtschaftlich, economical.
wischen, to wipe, rub.
Wismut, *m.*, bismuth.
wissen, to know.
Wissenschaft, *f.*, –**en**, science.
wissenschaftlich, scientific.
Witterungserscheinung, *f.*, –**en**, phenomenon caused by change of temperature.
wo, where? where, in which, when.
wobei', by which, during which, in doing which.
wodurch', whereby, by which, through which.
wohl, well, indeed, probably.
wohlbekannt, well known.
Wohlfahrt, *f.*, welfare.
wohlfeil, cheap.
Wohlgeschmack, *m.*, ⸗**e**, agreeable taste.
Wohlstand, *m.*, well being.
Wohltat, *f.*, –**en**, benefit.
wohnen, to live.
Wohnstätte, *f.*, –**n**, dwelling place.
Wohnung, *f.*, –**en**, dwelling.
Wolke, *f.*, –**n**, cloud.
Wolkenbildung, *f.*, formation of clouds.
Wolkenelektrizität', *f.*, cloud electricity.
Wolle, *f.*, –**n**, wool.
wollen, to will, wish.
womöglich, if possible.
worauf', whereon, whereupon.
Wort, *n.*, ⸗**er**, word; –**e**, (connected) words.
wozu', for which.

wünschen, to wish, desire.
wünschenswert, desirable.

Z

zäh(e), tough, ductile, viscous.
Zahl, *f.*, **–en**, number.
zählen, to count, number; — **zu**, to be numbered with.
zahllos, numberless.
zahlreich, numerous.
Zahn, *m.*, **⁼e**, tooth.
Zahnpulver, *n.*, –, tooth powder.
Zapfenlager, *n.*, –, pivot hole.
zart, soft, delicate.
Zehntausendmillionstel, *n.*, ten thousand millionth part.
Zeichen, *n.*, –, sign, symbol.
Zeichensprache, *f.*, **–n**, sign-language.
zeichnen, to draw, delineate.
Zeichnung, *f.*, **–en**, drawing, design.
zeigen, to show, manifest; *refl.*, to appear.
Zeiger, *m.*, –, pointer.
Zeit, *f.*, **–en**, time.
Zeitdauer, *f.*, period.
zeitigen, to bring about, mature.
Zeitmessung, *f.*, **–en**, measurement of time.
zeitraubend, tedious.
Zeitrechnung, *f.*, **–en**, chronology, era.
zeitweilig, temporary.
Zeitwort, *n.*, **⁼er**, verb.
Zellulo'se, *f.*, **–n**, cellulose.
Zement', *n.*, **–e**, cement.
Zement'körper, *m.*, –, body of cement.
Zement'mörtel, *m.*, –, cement mortar.
zentral', central.
Zentra'le, *f.*, **–n**, central station.
Zentral'heizung, *f.*, central heating.
zentralisieren, to centralize.
Zentral'organ', *n.*, **–e**, central organ.
zerbrechen, to break (to pieces), fracture, crush.
zerfallen, to fall to pieces, disintegrate, be divided.
zerfließen, to dissolve, deliquesce.
zerfließlich, deliquescent.
zerkleinern, to reduce to small pieces, triturate, pulverize.
Zerkleinerung, *f.*, **–en**, reduction, division.
zerlegen, to decompose.
zermalmen, to crush.
zerreiblich, friable.
zersetzen, to decompose, disintegrate.
Zersetzung, *f.*, **–en**, decomposition.
Zersetzungsprodukt', *n.*, **–e**, product of decomposition.
zerspringen, to fly into pieces, burst.
zerstören, to destroy; **—d**, destructive.
Zerstreuung, *f.*, **–en**, dispersion.
Zerteilung, *f.*, **–en**, division, decomposition.
Zickzackform, *f.*, zigzag form.
Ziegelstein, *m.*, **–e**, brick.
ziehen, to draw, pull, gain.
ziemlich, tolerable, moderate.
Zimmer, *n.*, –, room.
Zimmerluft, *f.*, **⁼e**, air of a room.
Zimmerofen, *m.*, ⁼, stove.
Zimmertemperatur', *f.*, **–en**, room temperature.
Zink, *n.*, zinc.
Zinkblende, *f.*, zinc blende, sulphide of zinc (ZnS).
Zinksulphat, *n.*, zinc sulphate ($ZnSO_4$).

Zinn, *n.*, tin (Sn).
Zinnröhrenleitung, *f.*, –**en**, tin conducting-pipe.
Zinnsulfat′, *n.*, tin sulphate ($SnSO_4$).
Zirkulation′, *f.*, –**en**, circulation.
zirkulieren, to circulate.
zischen, to hiss.
Zitrin′, *n.*, –**e**, citrine.
Zitro′nensäure, *f.*, citric acid.
zivilisieren, to civilize.
Zoll, *m.*, –**e**, inch.
zollstark, an inch thick.
Zone, *f.*, –**n**, zone.
zu, to, at, among, too.
Zucker, *m.*, –, sugar.
Zuckerfabrik′, *f.*, –**en**, sugar refinery.
Zuckergehalt, *m.*, –**e**, quantity of sugar.
Zuckung, *f.*, –**en**, convulsion.
zuerst, in the first place.
zu′fließen, to flow to.
zu′führen, to conduct to, introduce, convey.
Zuführung, *f.*, –**en**, conveying, addition.
Zug, *m.*, ⁼**e**, pull, strain, stress, train.
zugehörig, accompanying, proper.
Zugeinheit, *f.*, –**en**, train unit.
zugleich′, at the same time.
Zugpause, *f.*, –**n**, period between trains.
zugrunde; — **gehen**, to go to the bottom, perish; — **legen**, to take as basis *or* point of departure; — **liegen**, to be at bottom of, be a basis for.
zugunsten, in favor of.
Zukunft, *f.*, future.
Zuleiter, *m.*, –, collector, conductor, comb.
zuletzt′, at last.
zumal′, especially (as).
zumeist′, for the most part.
zunächst′, first of all.
Zunahme, *f.*, –**n**, increase.
zünden, to ignite.
Zunder, *m.*, –, tinder.
Zündhölzchen, *n.*, –, match.
Zündsatz, *m.*, ⁼**e**, priming composition.
Zündstoff, *m.*, –**e**, inflammable matter.
Zündwirkung, *f.*, –**en**, ignition effect.
zu′nehmen, to increase.
Zungenbelag, *m.*, furring of the tongue.
zurück, back.
zurück′bleiben, to remain, be left over.
zurück′führen, to trace (back) to.
zurück′halten, to keep back, retain.
zurück′kehren, to return.
zurück′kommen, to return, refer again.
zurück′schlagen, to strike back.
Zurückwerfung, *f.*, –**en**, reflection.
zusammen, together.
zusam′menbringen, to bring together, collect.
zusam′mendrücken, to compress.
zusam′menfassen, to embrace, sum up.
zusam′menhalten, to hold together.
Zusammenhang, *m.*, ⁼**e**, cohesion, connection.
zusammenhängend, continuous.
Zusammenlegung, *f.*, –**en**, putting together, juxtaposition.
zusam′mennehmen, to take together.
zusam′menpressen, to compress.

zusam'menschmelzen, to melt down.
zusam'menschweißen, to weld (together).
zusam'mensetzen, to compose, compound, combine.
Zusammensetzung, *f.*, –**en**, composition, synthesis.
zusam'menziehen, to draw together, contract.
Zusatz, *m.*, ⸚**e**, addition, admixture.
Zusatzaggregat', *m.*, –**e**, booster set.
Zusatzmaschine, *f.*, –**n**, booster.
Zusatzmaschinensatz, *m.*, ⸚**e**, set of boosters.
Zusatzspannung, *f.*, –**en**, boosted voltage.
Zuschlag, *m.*, ⸚**e**, flux.
zu'schmelzen, to seal hermetically.
zu'setzen, to add, mix.
zu'spitzen, to point, sharpen to a point.
Zustand, *m.*, ⸚**e**, state, condition.
zuverlässig, reliable.
Zuversicht, *f.*, assurance.
zuvor', previously.
Zuwachs, *m.*, ⸚**e**, increase.
zuwei'len, sometimes.
zu'wenden, to turn toward.
zwar, indeed, to be sure.
Zweck, *m.*, –**e**, aim, object, end, purpose.
zweckmäßig, answering the purpose, expedient, practical.
zwei, two.
Zweifel, *m.*, –, doubt; **in — ziehen**, to call in question.
zweifellos, without doubt.
zweifelsfrei, without doubt.
Zweig, *m.*, –**e**, branch.
zweite, second, next; —**ns**, secondly.
zwingen, to constrain, force.
zwischen, between.
Zwischenglied, *n.*, –**er**, intermediary member.
zwi'schenlegen, to lay between.
zwi'schenliegend, intervening.
Zwischenpause, *f.*, –**n**, interval.
Zwischenschicht, *f.*, –**en**, intervening layer.
zwi'schenschieben, to shove between, insert.
Zwischenstück, *n.*, –**e**, binder.
Zwischenstufe, *f.*, –**n**, intermediate stage.
Zylin'der, *f.*, –, cylinder.
Zylin'dermaschi'ne, *f.*, –**n**, cylinder electric machine.
zylin'drisch, cylindrical.





GERMAN GRAMMARS

Bierwirth's Beginning German. By H. C. Bierwirth of Harvard University. 90 cents.

—— Elements of German. By H. C. Bierwirth. $1.25.

Gohdes and Buschek's Sprach- und Lesebuch. By W. H. Gohdes of the Horace Mann High School, New York City, and H. A. Buschek of the Brooklyn Polytechnic Preparatory School. $1.00.

Howe's First German Book. By George M. Howe of Colorado College. 90 cents.

Otis's Elementary German Grammar. Eighth edition, thoroughly revised and provided with new exercises, by W. H. Carruth of Stanford University. 90 cents.

Prokosch's Introduction to German. By Eduard Prokosch of the University of Texas. $1.15.

—— German for Beginners. By Eduard Prokosch. $1.00.

Spanhoofd's Das Wesentliche der deutschen Grammatik. By A. W. Spanhoofd, Director of German in the Washington (D. C.) High Schools. 75 cents.

Thomas's Practical German Grammar. By Calvin Thomas of Columbia University. $1.25. *Supplementary or Alternative Exercises.* By William A. Hervey. 25 cents.

Vos's Essentials of German. By B. J. Vos of Indiana University. 90 cents.

—— Concise German Grammar. By B. J. Vos. (*In press.*)

Whitney's Compendious German Grammar. By William D. Whitney. *Revised.* $1.30. *Supplementary or Alternative Exercises.* By Robert N. Corwin of Yale University. 25 cents.

—— Brief German Grammar. By William D. Whitney. *Revised and enlarged.* 75 cents.

GERMAN READERS

Allen's Herein! By P. S. Allen of the University of Chicago. 70 cents.

—— Daheim. By P. S. Allen. 70 cents.

—— German Life. By P. S. Allen. (*In press.*)

Harris's German Reader. By Charles Harris of Adelbert College. $1.00.

Nichols's Easy German Reader. By A. B. Nichols. 40 cents.

Prokosch's Lese- und Übungsbuch. By Eduard Prokosch of the University of Texas. 50 cents.

Schrakamp's Das deutsche Buch für Anfänger. By Josepha Schrakamp. *Revised.* 75 cents.

Thomas and Hervey's German Reader and Theme-book. By Calvin Thomas and William A. Hervey of Columbia University. $1.00.

GERMAN READERS—(Continued)

Tuckerman's Am Anfang. By JULIUS TUCKERMAN of the Central High School, Springfield, Mass. 50 cents.

Whitney's Introductory German Reader. By W. D. WHITNEY and MARIAN P. WHITNEY. $1.00.

GERMAN COMPOSITION AND CONVERSATION

Allen's First German Composition. By P. S. ALLEN of the University of Chicago. 90 cents.

Allen and Phillipson's Easy German Conversation. By P. S. ALLEN and P. H. PHILLIPSON of the University of Chicago. 90 cents.

Boezinger's Mündliche und Schriftliche Übungen. By BRUNO BOEZINGER of Stanford University. 75 cents.

Bronson's Colloquial German. With a summary of grammar. By T. B. BRONSON of the Lawrenceville School. 75 cents.

Jagemann's Materials for German Prose Composition. By H. C. G. VON JAGEMANN of Harvard. 90 cents.

—— Elements of German Syntax. With special reference to translations from English into German. By H. C. G. VON JAGEMANN of Harvard. 90 cents.

Jagemann and Poll's Materials for German Prose Composition. By MAX POLL of the University of Cincinnati. With the vocabulary to JAGEMANN'S *Materials for German Prose Composition.* 90 cents.

Pope's German Composition. By PAUL R. POPE of Cornell University. 90 cents.

—— Writing and Speaking German. By P. R. POPE. 90 cents.

Prokosch and Purin's Konversations- und Lesebuch. By EDUARD PROKOSCH of the University of Texas, and C. M. PURIN of the University of Wisconsin. (*In press.*)

Schrakamp's Exercises in Conversational German. By JOSEPHA SCHRAKAMP. 55 cents.

Vos's Materials for German Conversation. By B. J. VOS of Indiana University. 75 cents.

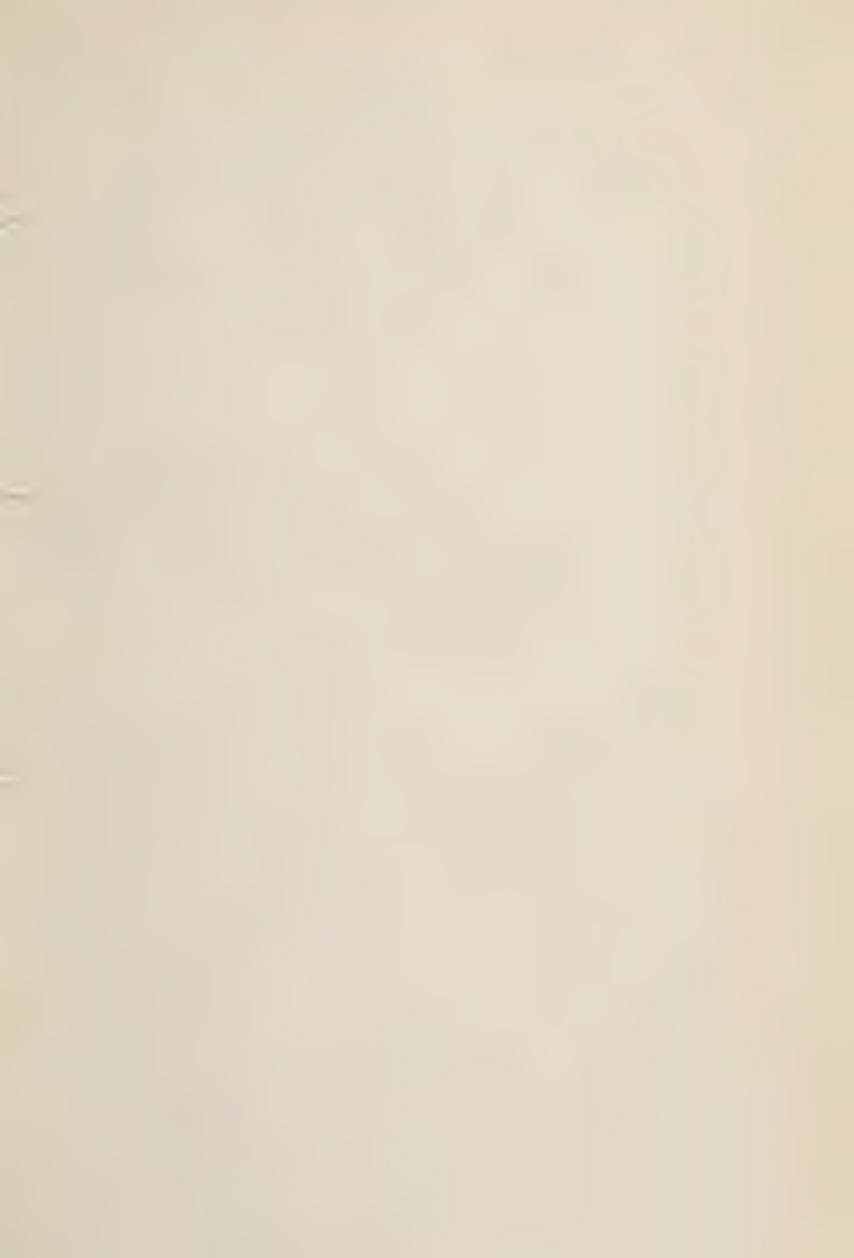
Wenckebach's German Composition based on Humorous Stories. By CARLA WENCKEBACH, late of Wellesley College. $1.00.

Whitney and Stroebe's Advanced German Composition. By M. P. WHITNEY and L. L. STROEBE of Vassar College. 90 cents.

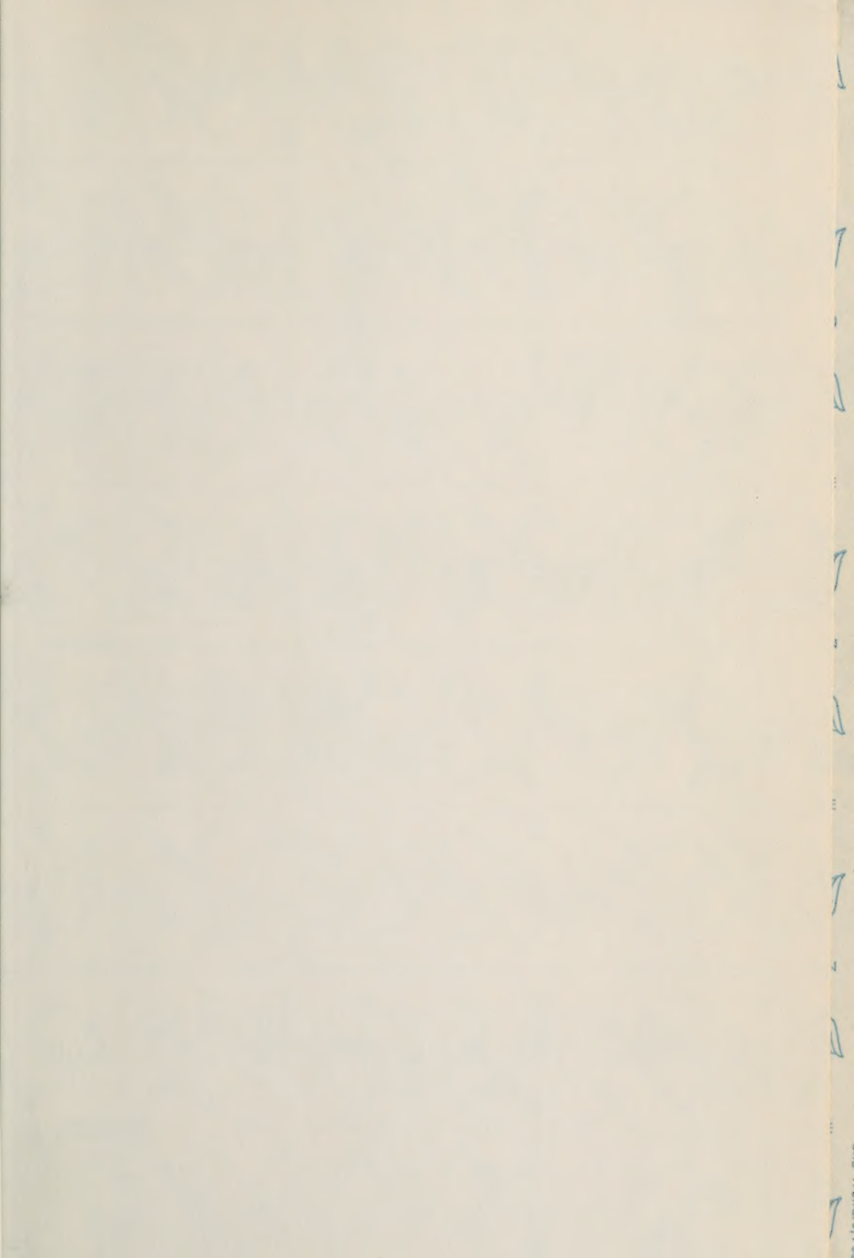
—— Easy German Composition. By M. P. WHITNEY and L. L. STROEBE. 90 cents.

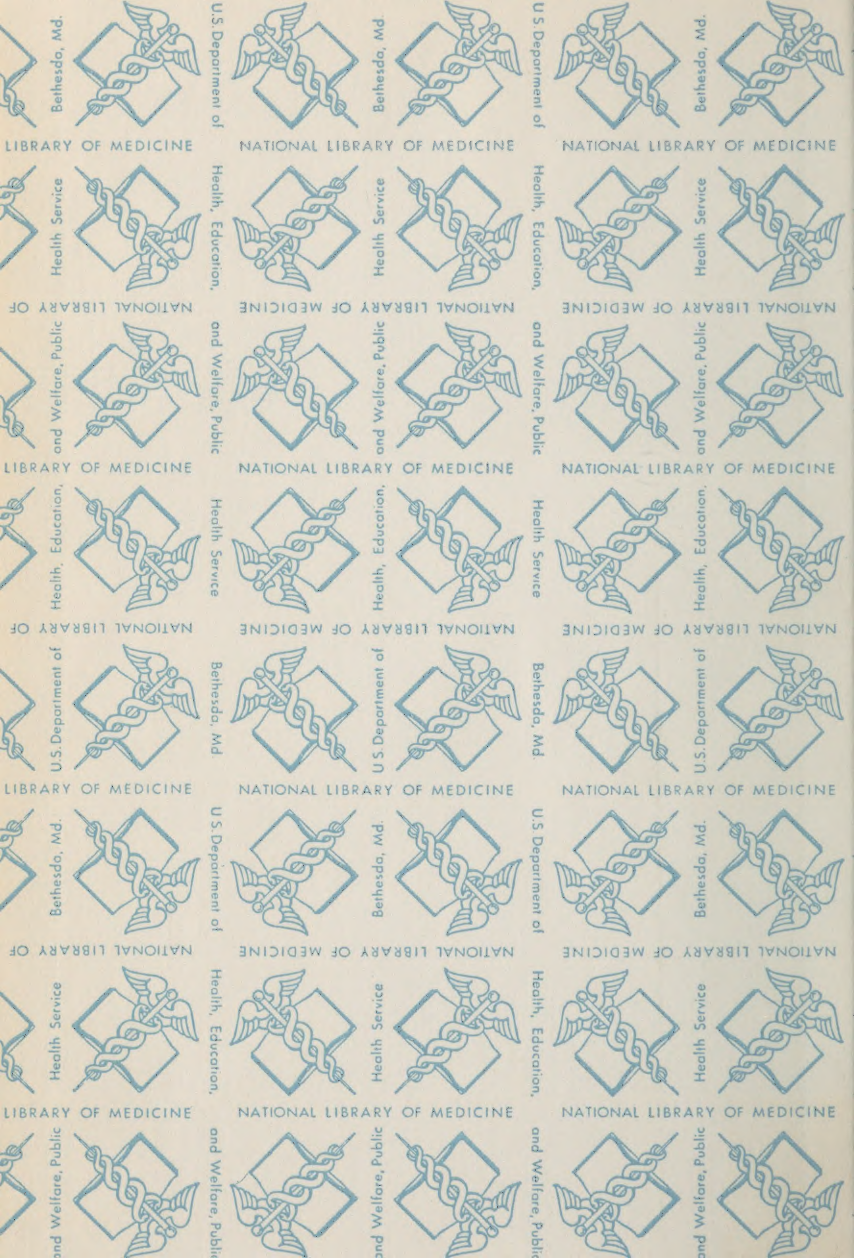













NATIONAL LIBRARY OF MEDICINE
U.S. Department of Health, Education, and Welfare, Public Health Service
Bethesda, Md.
REYNOLDS
BINDERY, INC.
MARCH 1974